

# Jahresbericht 2013

UV-Strahlung



Überwachung beruflich strahlenexponierter Personen

Entsorgung radioaktiver Abfälle

1989 – 2014  
**25** JAHRE

| Verantwortung für Mensch und Umwelt |

Hochfrequente  
elektromagnetische  
Felder

Sicherheit kerntechnischer Anlagen

Radioaktivität  
in  
Bauprodukten

Transport radioaktiver Stoffe

Nuklearmedizin

Radioaktivität im Trinkwasser

Radonbelastung aus  
dem Boden

Umgebungsüberwachung

Elektrische und magnetische Felder

**Von der Wissenschaft zum vorsorgenden Verbraucher- und Gesundheitsschutz**

+++ Aktuelle Fragen des Strahlenschutzes +++ Aktuelle Aufgaben im Rahmen der  
Überwachung der Umweltradioaktivität +++ Entsorgung radioaktiver Abfälle +++  
Aktuelle Fragen zur Sicherheit in der Kerntechnik



Bundesamt für Strahlenschutz

---

## Impressum

Herausgeber:  
Bundesamt für Strahlenschutz  
Öffentlichkeitsarbeit  
Postfach 10 01 49  
D-38201 Salzgitter  
Telefon: +49 (0)3018 333-0  
Telefax: +49 (0)3018 333-1885  
E-Mail: [ePost@bfs.de](mailto:ePost@bfs.de)  
Internet: [www.bfs.de](http://www.bfs.de)

Redaktion:  
Lutz Ebermann

Gestaltung:  
Quermedia GmbH  
Querallee 38  
34119 Kassel

Druck:  
Volkhardt Caruna Medien  
GmbH & Co. KG  
Richterstraße 2  
63916 Amorbach

Fotos:  
BfS und genannte Quellen

Bundesamt für Strahlenschutz (2014)



---

# **Jahresbericht 2013**

---

**Von der Wissenschaft zum  
vorsorgenden Verbraucher-  
und Gesundheitsschutz**

---

**Aktuelle Fragen des  
Strahlenschutzes**

---

**Aktuelle Aufgaben im Rahmen  
der Überwachung der  
Umweltradioaktivität**

---

**Entsorgung radioaktiver Abfälle**

---

**Aktuelle Fragen zur Sicherheit  
in der Kerntechnik**





*Liebe Leserinnen und Leser,*

*eine wichtige Aufgabe des Bundesamtes für Strahlenschutz ist die Umsetzung wissenschaftlicher Erkenntnisse zum Nutzen der Bürgerinnen und Bürger beim Gesundheitsschutz. Das reicht von Tipps des BfS für Eltern, wie sie ihre Kinder durch Sonnenschutzmittel oder geeignete Kleidung gegen die schädlichen Auswirkungen der UV-Strahlung schützen können bis hin zu Empfehlungen an die politischen Entscheidungsträger, die Notfallschutzmaßnahmen von Bund und Ländern im Falle eines nicht auszuschließenden Unfalls in einem Kernkraftwerk zu überarbeiten und weiter zu entwickeln. Das BfS stützt sich dabei auf die aktuellen wissenschaftlichen Erkenntnisse. Die Empfehlungen des BfS beim Sonnenschutz werden untermauert durch Erkenntnisse, dass die Haut in jungen Jahren besonders empfindlich ist und besonders geschützt werden muss. Die Empfehlungen zum Notfallschutz basieren wiederum auf Untersuchungen, bei denen das BfS nach der Reaktorkatastrophe in Japan die dort gemachten Erfahrungen auf Reaktoren in Deutschland übertragen hat.*

*Eine besondere Herausforderung für den Strahlenschutz stellt die Suche nach einem Standort eines geeigneten Endlagers für Wärme entwickelnde radioaktive Abfälle und dessen anschließende Errichtung dar – bei der das Bundesamt für Strahlenschutz eine wichtige Rolle spielt. Auch hier gilt es, auf Basis vorurteilsfreier wissenschaftlicher Arbeit ein sicheres Endlager zu finden, mit dem heutige wie künftige Generationen vor den schädlichen radioaktiven Abfällen dauerhaft geschützt werden können. Das BfS hat sich seit Jahrzehnten für eine ergebnisoffene Suche ausgesprochen. Es wird diese Suche umso mehr – vor allem jetzt, da nach Jahrzehnten des Konfliktes in diesem Feld ein parteiübergreifender Konsens erzielt worden ist – engagiert mit seiner Expertise begleiten und das ihm Mögliche zum Gelingen der Suche beitragen.*

*Ich hoffe, dass wir Sie beim Lesen dieses Berichts davon überzeugen können, dass wir bei unserem Bestreben, den Strahlenschutz immer weiter zu verbessern, auf einem guten Weg sind. Weitere aktuelle Informationen zu unserer Arbeit finden Sie natürlich auch auf den Internetseiten des Bundesamtes.*

*Allen, die uns bei der Erfüllung unserer Aufgaben unterstützt haben, möchte ich an dieser Stelle danken.*

*Mein besonderer Dank gilt den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern des BfS.*

A handwritten signature in black ink, consisting of stylized, overlapping letters that appear to read 'W. König'.

*Wolfram König  
Präsident des Bundesamtes für Strahlenschutz*

# Jahresbericht 2013



12



30



52



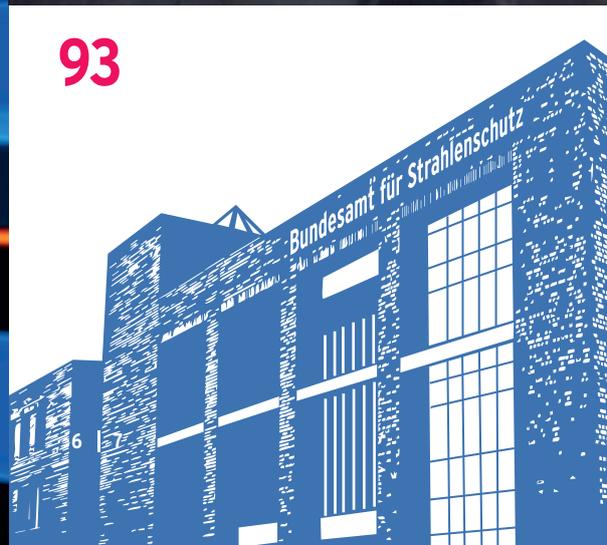
60



76



83



93

---

# Inhalt

## 5 Vorwort des Präsidenten

## 11 Strahlenschutz – von der Wissenschaft zum vorsorgenden Verbraucher- und Gesundheitsschutz

- 16 Radon – ein unterschätztes Gesundheitsrisiko
- 19 Natürliche Radioaktivität in Bauprodukten
- 20 Die Überwachung natürlicher Radionuklide im Trinkwasser
- 21 Strahlenschutz für die Patienten in der Nuklearmedizin
- 22 Schutz vor gesundheitlichen Schäden durch UV-Strahlung
- 24 Strahlenschutz beim Stromnetzausbau
- 26 Gesundheitsschutz beim Mobilfunk
- 27 Strahlenschutzvorsorge: Verbraucherprodukte mit dem Blauen Engel

## 29 Weitere Arbeitsschwerpunkte des Bundesamtes für Strahlenschutz

- 30 Konsequenzen aus dem Reaktorunfall in Fukushima
- 36 Das Standortauswahlgesetz – ein Neubeginn bei der Suche nach einem Endlagerstandort für Wärme entwickelnde radioaktive Abfälle in Deutschland
- 40 Das Bundesamt für Strahlenschutz als Partner in europaweiten Netzwerken
- 44 Aktuelle Fragen aus dem beruflichen Strahlenschutz
- 48 Qualitätssicherung – eine Kernaufgabe der Leitstellen

## 51 Ausgewählte Einzelthemen

- 52 **Aktuelle Fragen des Strahlenschutzes**
- 53 Sicherheit hochradioaktiver Strahlenquellen
- 54 Leukämie im Kindesalter – Fortschreibung des Forschungsschwerpunktes
- 56 Fortführung der freiwilligen Selbstverpflichtung der Mobilfunknetzbetreiber
- 58 Neue Ergebnisse der deutschen Uranbergarbeiterstudie
- 60 **Entsorgung radioaktiver Abfälle**
- 61 Stand der Projekte
- 71 Zwischenlagerung von Kernbrennstoffen
- 73 Transporte von radioaktiven Stoffen und Kernbrennstoffen
- 76 **Aktuelle Fragen zur Sicherheit in der Kerntechnik**
- 77 Sicherheitsziele für kerntechnische Anlagen
- 79 Stilllegung kerntechnischer Anlagen im internationalen Kontext
- 80 Meldepflichtige Ereignisse in kerntechnischen Einrichtungen 2013

## 83 Der Umweltforschungsplan des Bundesumweltministeriums – Forschung zur Stärkung der nuklearen Sicherheit und des Strahlenschutzes

- 87 Führen niederfrequente Magnetfelder zu neurodegenerativen Erkrankungen?
- 88 Schädigt Terahertz-Strahlung die Erbsubstanz?
- 90 Beeinflusst der Behördenfunk die kognitive Leistungsfähigkeit der Einsatzkräfte?
- 91 Wie entsorgt man NORM-Rückstände?

## 93 Zahlen und Fakten

## 104 Publikationen

## 110 Abkürzungen

---

# Content

## 5 President's Preface

## 11 Radiological Protection – from Science to Preventive Consumer and Health Protection

- 16 Radon – an Underestimated Health Risk
- 19 Natural Radioactivity in Building Products
- 20 Monitoring Natural Radionuclides in Drinking Water
- 21 Radiation Protection for Patients in Nuclear Medicine
- 22 Protection from Health Impacts Caused by UV Radiation
- 24 Power Grid Expansion and Radiation Protection
- 26 Mobile Communications and Health Protection
- 27 The Easy Way of Precaution: Consumer Products Labelled with „Blauer Engel“

## 29 Further Topics of the Federal Office for Radiation Protection

- 30 Consequences from the Fukushima Nuclear Accident
- 36 The Law Concerning the Selection of a Repository Site –  
Restarting the Search for a Repository Site for Heat-generating Radioactive Waste
- 40 The Federal Office for Radiation Protection as Partner in Europe-wide Networks
- 44 Occupational Radiation Protection Topics
- 48 Quality Assurance – a Key Task of Guiding Laboratories

## 51 Selected Topics

- 52 **Current Investigations Concerning Radiological Protection**
- 53 Safety of High-activity Sealed Sources
- 54 Childhood Leukaemia – Update of the Research Focus
- 56 The Continuation of the Voluntary Commitment of the Mobile Network Operators
- 58 New Results from the German Uranium Miners Study
- 60 **Radioactive Waste Management**
- 61 Current Status of Projects
- 71 Interim Storage of Spent Fuel Elements
- 73 Transport of Radioactive Material and Nuclear Fuel
- 76 **Topical Questions Concerning Nuclear Safety**
- 77 Safety Goals for Nuclear Installations
- 79 Decommissioning of Nuclear Facilities in the International Context
- 80 Reportable Events in Nuclear Facilities 2013

## 83 The Environmental Research Programme of the Federal Environmental Ministry – Research for Strengthening Nuclear Safety and Radiation Protection

- 87 Do Low-frequency Magnetic Fields Cause Neurodegenerative Diseases?
- 88 Does Terahertz Radiation Damage the Genetic Material?
- 90 Does the Police Radio Influence Cognitive Performance of Emergency Crews?
- 91 How to Dispose of NORM Residues?

## 93 Facts and Figures

## 104 Publications

## 110 Abbreviations

# Annual Report 2013

12



© JOCHEN TACK/IMAGEBROKER/CORBIS

30



© ISSEY KATO/POOL/CORBIS

52



© EDWARD ROZZO/CORBIS

60



76

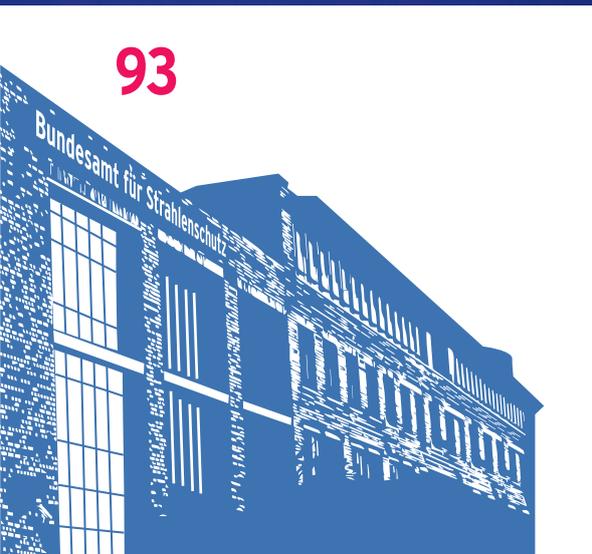


© FIREFLY PRODUCTIONS/CORBIS

83



93





---

# **Strahlenschutz – von der Wissenschaft zum vorsorgenden Verbraucher- und Gesundheits- schutz**

---

Radiological Protection –  
from Science to Preventive  
Consumer and Health Protection

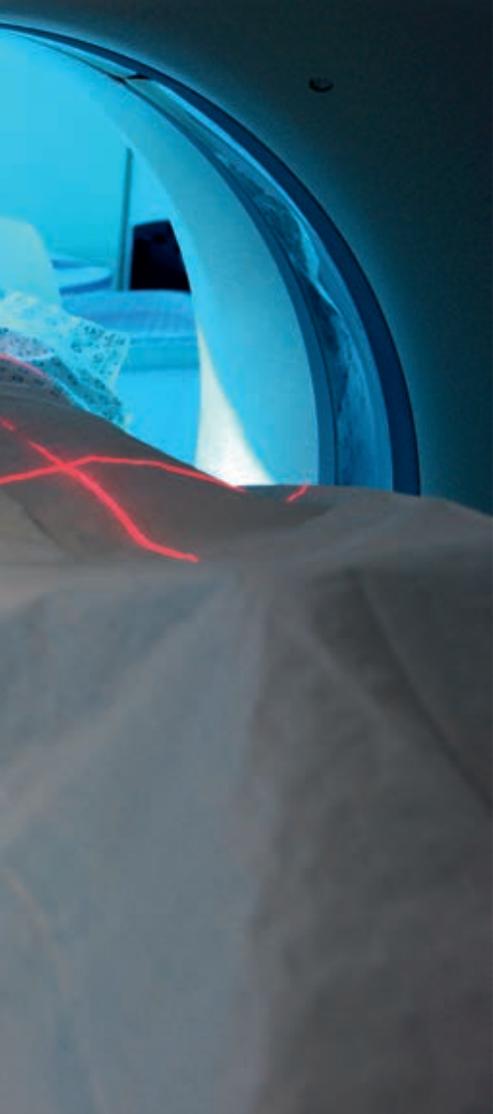


Die Computertomografie liefert dreidimensionale Bilder mit hoher Aussagekraft. Sie ist allerdings mit einer höheren Strahlenexposition verbunden als konventionelle Röntgenuntersuchungen.

---

*One of the central tasks of the Federal Office for Radiation Protection (BfS) is to translate scientific knowledge into radiation protection measures aiming at consumer protection. To that end, BfS evaluates existing knowledge and tries to fill the gaps in knowledge either by initiating research projects or by conducting research. Consumer protection actions are taken both in the fields of ionising and non-ionising radiation, respectively. In this part of the annual report, a selection of relevant topics is highlighted. For ionising radiation, these are radon in buildings, radioactive substances in building products and drinking water, as well as radiation protection for patients in nuclear medicine, for non-ionizing radiation these are UV radiation, expo-*

*sure to electric and magnetic fields in connection with the construction of new high-voltage power lines, mobile phones, and the ecolabel "Blue Angel" ("Blauer Engel").*



**Ansprechpartner:**  
**Bernd Grosche (03018 333-2200)**

Eine wichtige Aufgabe des Bundesamtes für Strahlenschutz (BfS [1]) ist es, die Ergebnisse wissenschaftlicher Untersuchungen zu bewerten und diese in Verbraucher- und Gesundheitsschutzmaßnahmen umzusetzen. Dazu sind auch vorhandene Wissenslücken zu bestimmen und diese möglichst zu schließen. Hierzu initiiert das BfS die Ausschreibung und Vergabe von Forschungsvorhaben aus dem Umweltforschungsplan des Bundesumweltministeriums (BMUB) an geeignete Forschungsnehmer oder führt eigenständig

Forschungsvorhaben durch. Diese werden aus Eigenmitteln des BfS oder von Dritten, wie der Europäischen Kommission, dem Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF [2]) oder anderen Bundesbehörden gefördert.

Die Forschungsaktivitäten des BfS haben das Ziel, strahlenschutzrelevante Fragen zu beantworten. Darüber hinaus hat das BfS die Aufgabe zu prüfen, ob aktuelle Erkenntnisse aus Wissenschaft und Technik eine Veränderung der bestehenden Strahlenschutzregelungen und -maßnahmen erforderlich machen. Diese Prüfung erfolgt vor dem Hintergrund der Prinzipien des Strahlenschutzes, wie sie für die ionisierende Strahlung u. a. in der Strahlenschutz- und der Röntgenverordnung und für die nichtionisierende Strahlung in der 26. Verordnung zum Bundes-Immissionsschutzgesetz festgelegt sind. Diese Prinzipien dienen dem Schutz des Menschen und der Umwelt vor den schädigenden Wirkungen ionisierender und nichtionisierender Strahlung.

Während viele sehr spezifische Strahlenschutzregelungen im Zusammenhang mit dem beruflichen Strahlenschutz entstanden sind, liegt der Schwerpunkt der neueren Entwicklungen auf dem Schutz der Allgemeinbevölkerung. Der Strahlenschutz ist hier ein Feld des Verbraucherschutzes. Im vorliegenden Jahresbericht werden hierzu ausgewählte Themen vorgestellt. Für den Bereich der ionisierenden Strahlung sind dies Radon in Wohnungen, Radioaktivität in Baumaterialien und im Trinkwasser sowie Strahlenschutz für den Patienten in der Nuklearmedizin, für den Bereich der nichtionisierenden Strahlung sind dies UV-Strahlung, Ausbau der Stromnetze, Mobilfunk und das Umweltzeichen „Blauer Engel“.

**Radon in Häusern** ist nach dem Rauchen der zweitwichtigste Risikofaktor für Lungenkrebs. Es kann sowohl aus dem Boden als auch aus Baustoffen in den Innenraum von Häusern gelangen. Radon stellt somit für die Bevölkerung neben der UV-Strahlung das größte umweltbedingte

Strahlenschutzproblem dar – und wird leider häufig unterschätzt. Auf Basis der Erkenntnisse umfangreicher Studien hatte sich das BfS schon frühzeitig für rechtliche Regelungen zu Radon eingesetzt. Die entsprechenden europäischen Grundnormen zum Strahlenschutz, die am 05.12.2013 verabschiedet wurden, setzen nun den Rahmen, um hier Verbraucherschutzmaßnahmen folgen zu lassen.

Die Strahlenbelastung in Wohnräumen kann aber nicht nur durch erhöhte Radonkonzentrationen hervorgerufen werden, sondern auch durch **radioaktive Substanzen in Baustoffen**. Entsprechend wurden und werden Überprüfungen von Baustoffen durchgeführt.

Das **Trinkwasser in Deutschland** ist von hoher Qualität, die durch kontinuierliche Überwachung sichergestellt ist. Diese Überwachung bezieht bisher nicht die Ermittlung von radioaktiven Stoffen in den Brunnen ein, aus denen unser Trinkwasser gewonnen wird. Ziel des BfS ist es, zu rechtlichen Regelungen beizutragen, die den Schutz der Verbraucher gewährleisten.

Der weitaus größte Teil der zivilisatorischen Strahlenexposition der Bevölkerung in Deutschland resultiert aus **medizinischen Strahlenanwendungen**. Bei der diagnostischen Anwendung ionisierender Strahlung ist das Ziel, mit der geringstmöglichen Dosis optimale Ergebnisse zu erhalten. Bei der Therapie sollen die Krebszellen abgetötet werden unter weitgehender Schonung des gesunden Gewebes des Patienten. Das BfS hat hier insbesondere die Entwicklung einer Software, die für nuklearmedizinische Therapien eine individuelle Dosisermittlung ermöglicht, gefördert.

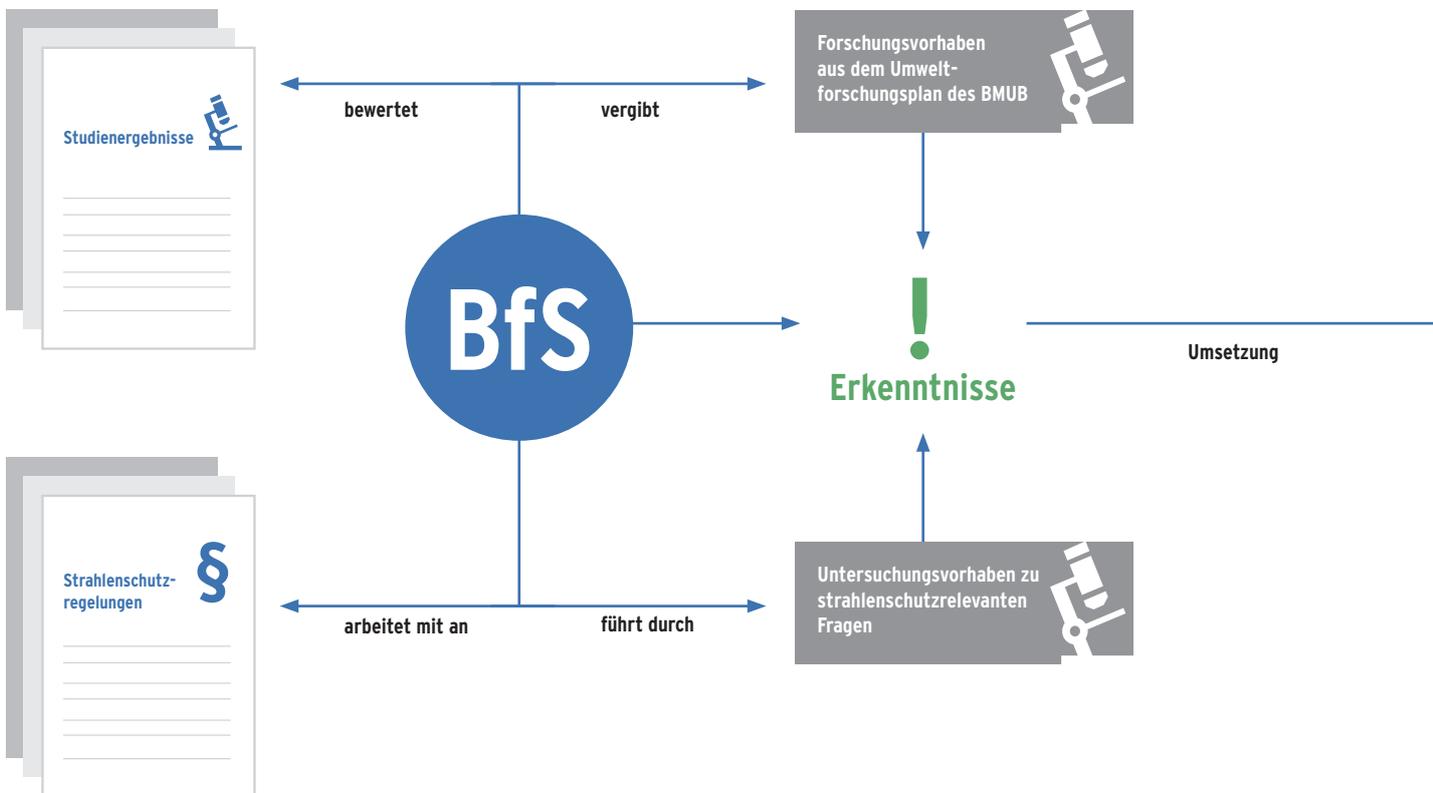
**Im Bereich der UV-Strahlung** hat das BfS die Gründung eines UV-Bündnisses vorangetrieben. Ziel dieses Bündnisses ist es, in Zusammenarbeit mit anderen Behörden und Fachgesellschaften der Medizin und des Verbraucherschutzes die Bevölkerung über die Gesundheitsrisiken zu informieren, die mit einem unvernünftigen Umgang mit der

Sonne oder mit Besuchen in Solarien verbunden sind. Die Risiken sind hauptsächlich vorzeitige Hautalterung und die Verursachung von Hautkrebs, aber auch Schädigungen des Auges. Gleichzeitig werden Hinweise gegeben, wie diese Risiken durch vernünftiges Handeln vermieden oder verringert werden können. Um den Schutz von Verbrauchern im Zusammenhang mit der Nutzung von Solarien zu verbessern, hat das BfS wesentlich an der Ausarbeitung der UV-Schutzverordnung mitgewirkt, die jetzt in Verantwortung der Bundesländer umgesetzt wird.

Eine große nationale aber auch europaweite Herausforderung stellt die Energiewende dar, in deren Zusammenhang auch ein **Ausbau der Stromnetze** erforderlich ist. Das BfS bringt sich in die Diskussion ein, damit bei der Planung der Stromnetze

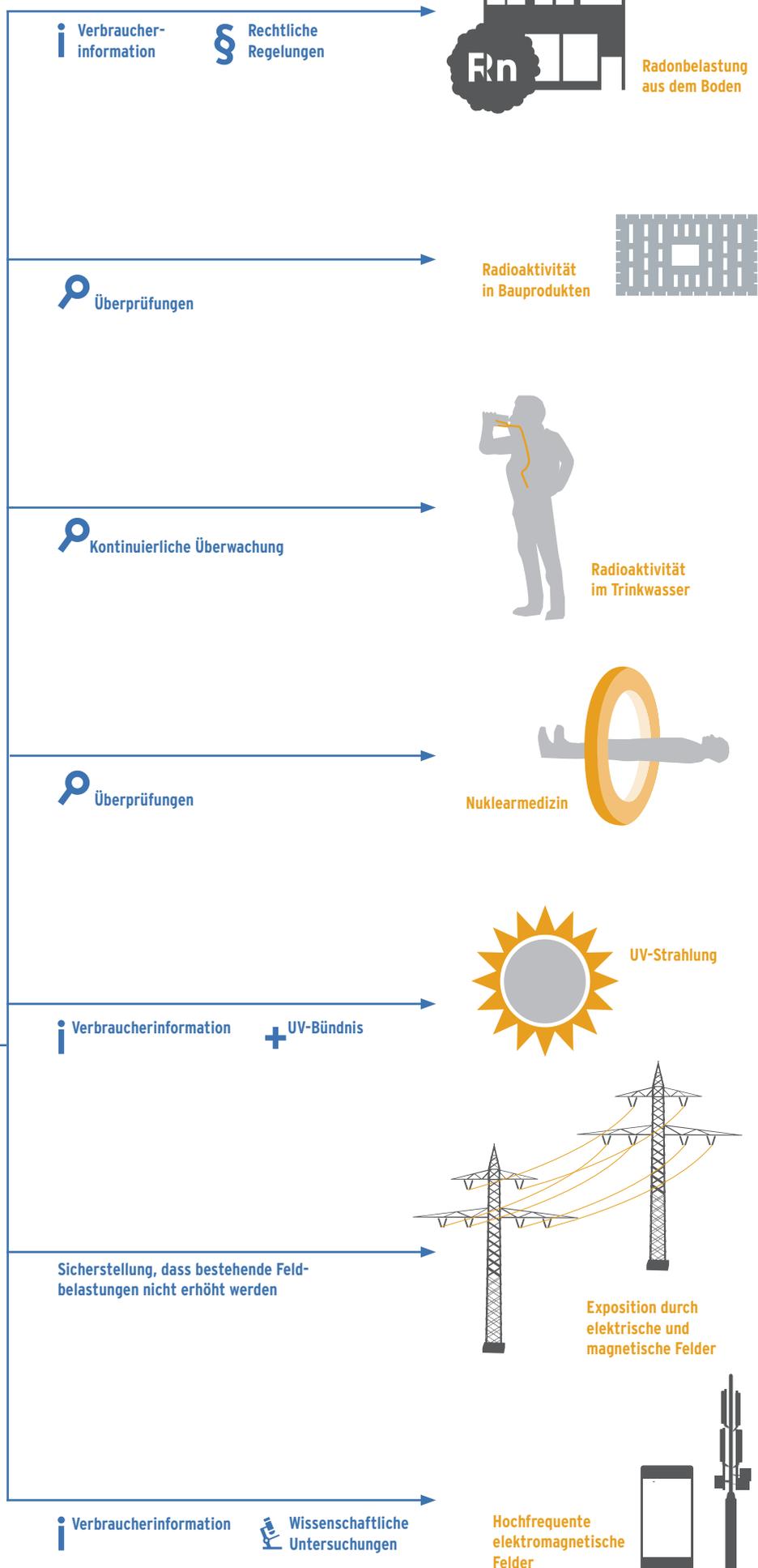
nicht nur technische und wirtschaftliche Fragen berücksichtigt werden, sondern auch Fragen zum Strahlenschutz und damit zur Gesundheit von den Netzbetreibern und Genehmigungsbehörden beantwortet werden. Diese Fragen sollen möglichst frühzeitig mit den vom Netzausbau Betroffenen besprochen und ihnen die Möglichkeit der Beteiligung eröffnet werden. Beim Netzausbau empfiehlt das BfS, die zusätzliche Exposition durch elektrische und magnetische Felder, die mit dem Ausbau der Stromnetze für Teile der Bevölkerung einhergehen wird, so gering wie möglich zu halten. Es muss sichergestellt sein, dass bereits bestehende Feldbelastungen nicht wesentlich erhöht werden.

Die zunehmende Verwendung von Geräten der modernen **Mobilfunktechnik wie Handys und Smartphones** führt in Teilen der Bevölkerung zu Befürchtungen, dass die damit verbundene Nutzung hochfrequenter elektromagnetischer Felder ein gesundheitliches Risiko darstellen könnte. Vor diesem Hintergrund hat das BfS schon vor Jahren auf Initiative des Bundesumweltministeriums ein breit angelegtes Forschungsprogramm initiiert, um mit Hilfe wissenschaftlicher Untersuchungen zu prüfen, ob diese Befürchtungen als begründet anzusehen sind. Zusammenfassend kommt das Forschungsprogramm zu dem Ergebnis, dass keine belastbaren Hinweise für eine Gesundheitsgefährdung gefunden werden konnten. Das Programm konnte jedoch nicht alle Fragen zu Langzeitwirkungen und zu möglichen Wirkungen auf Kinder klären.

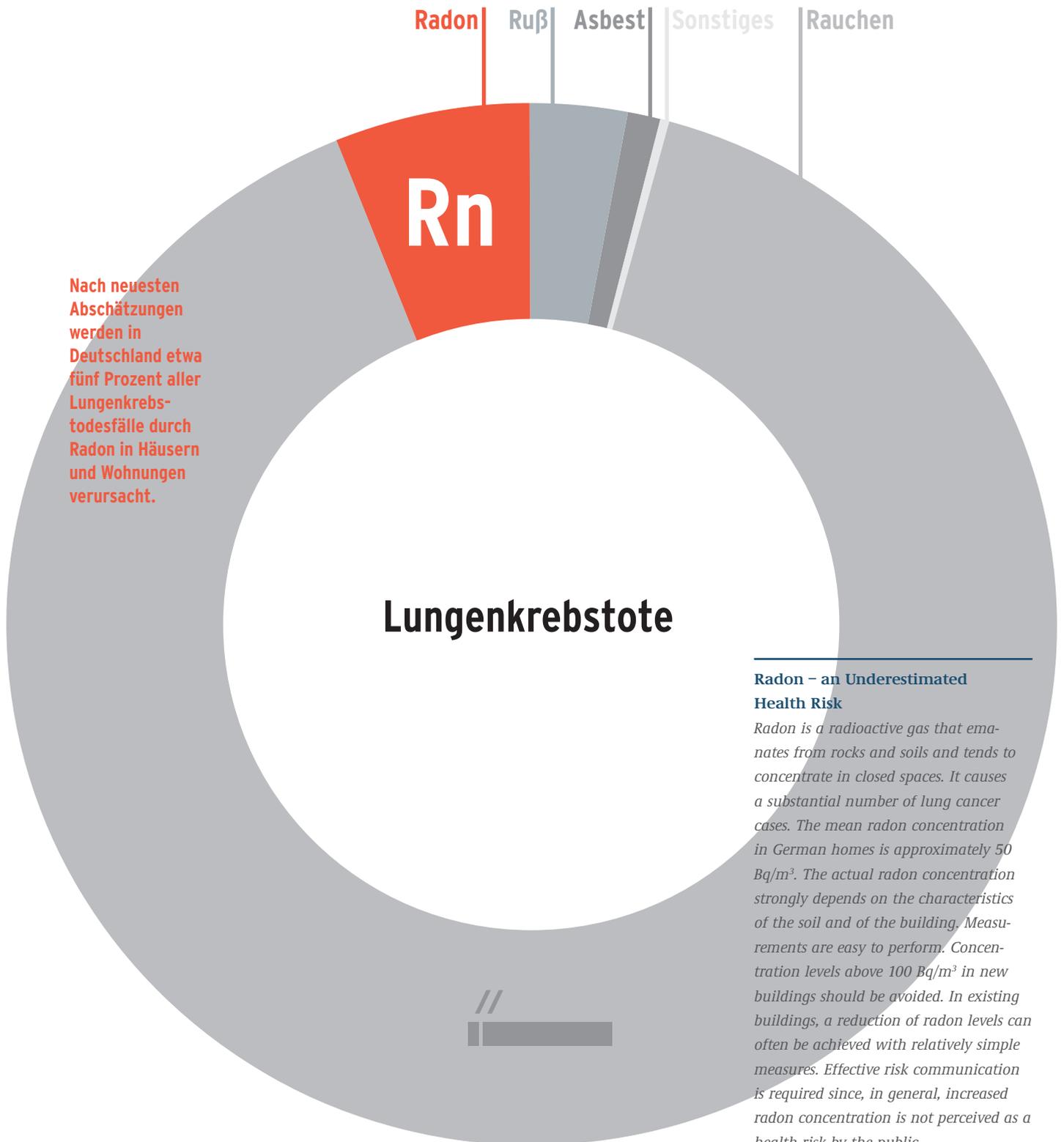


Als Ergebnis empfiehlt das BfS daher aus Vorsorgegründen, dass Kinder Mobiltelefone nur sehr eingeschränkt nutzen sollten.

Des Weiteren setzt sich das BfS mit neuen technische Entwicklungen auseinander, so z. B. mit der **Tera-hertz-Technik**, bei deren Anwendung die dabei möglichen Feldbelastungen und mögliche gesundheitsrelevante Wirkungen untersucht werden müssen. Über eine entsprechende Studie wird im Kapitel „Umweltforschungsplan des Bundesumweltministeriums“ berichtet.



# Radon – ein unterschätztes Gesundheitsrisiko



#### Ansprechpartner/in:

**Bernd Hoffmann (03018 333-4210)**

**Maria Schnelzer (03018 333-2252)**

**R**adon ist ein radioaktives Edelgas, das aus Gestein und Böden freigesetzt wird und sich in geschlossenen Räumen ansammelt. Bei Personen, die es einatmen, erhöht es das Lungenkrebsrisiko, und zwar umso stärker, je höher die Radonkonzentration ist. Nach dem Rauchen stellt Radon das zweitgrößte Risiko für Lungenkrebs in der Bevölkerung dar. Epidemiologische Studien weltweit haben gezeigt, dass auf die häusliche Radonbelastung eine beträchtliche Anzahl von Lungenkrebsfällen zurückzuführen ist. Messungen der Radonkonzentration in Häusern sind einfach durchzuführen, und es gibt eine Reihe von Möglichkeiten, die Radonbelastung zu reduzieren. Erkenntnisse intensiver Forschungsarbeit fließen nun in europäische und nationale Regelungen zum Schutz der Bevölkerung ein.

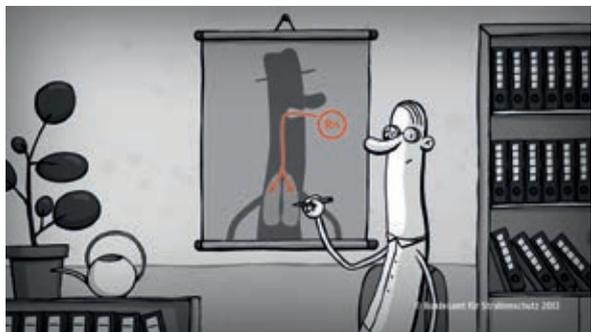
#### Wissenschaftliche Erkenntnisse

Seit Mitte des letzten Jahrhunderts ist bekannt, dass Radon und seine Zerfallsprodukte die Ursachen der bei Bergarbeitern beobachteten Häufung von Lungenkrebskrankungen sind. Die Radonkonzentration in Bergwerken ist allerdings meist deutlich höher als in Wohngebäuden. Seit den 1980er Jahren wurde das Lungenkrebsrisiko durch Radon in Wohnungen in epidemiologischen Studien untersucht. Besonders aussagekräftig ist die gemeinsame Auswertung von 13 europäischen Studien, darunter zwei deutschen, die unter Beteiligung des BfS durchgeführt und 2005 veröffentlicht wurde. Damit wurde Radon in Wohnungen als eine kausale Ursache von Lungenkrebs identifiziert. Das Lungenkrebsrisiko erhöht sich proportional mit steigender Radonkonzentration. Bei Rauchern und Ex-Rauchern wirkt sich die Risikoerhöhung durch die Radonbelastung besonders gravierend aus, da sich die negativen Effekte von Rauchen und Radon gegenseitig verstärken. Nach neuesten Abschätzungen werden in Deutschland etwa fünf Prozent aller Lungenkrebstodesfälle durch Radon in Häusern und Wohnungen verursacht.

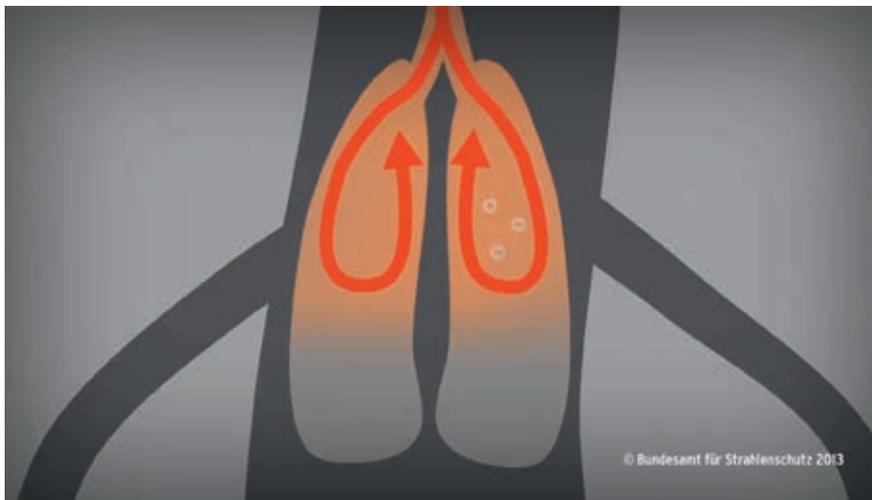
#### Das Radon-Handbuch der WHO

Die Weltgesundheitsorganisation (WHO) hat 2005 ein internationales Radonprojekt initiiert, an dem Partnerinstitutionen aus mehr als 40 Mitgliedsstaaten beteiligt waren, darunter das BfS, das auch Kooperationszentrum der WHO im Bereich Strahlenschutz ist. Die Ergebnisse des Projekts wurden in einem Handbuch für Radon in Häusern veröffentlicht und von der Internationalen Strahlenschutzkommission (ICRP) in Form einer Empfehlung zum praktischen Strahlenschutz bestätigt. Die WHO empfiehlt einen Referenzwert von  $100 \text{ Bq/m}^3$  für Radon in Wohnungen, um die Gesundheitsrisiken zu reduzieren. Ist dieser Wert überschritten, sollten in Abhängigkeit von der Höhe der Überschreitung und unter Berücksichtigung der konkreten Gegebenheiten Maßnahmen zur Reduzierung erwogen werden. Unterhalb des Referenzwertes können Optimierungsmaßnahmen ebenfalls sinnvoll sein. Damit bestätigte die WHO die BfS-Empfehlungen.

Die Radonbelastung ist regional und auch europaweit sehr unterschiedlich verteilt. Der QR-Code führt zu einem Informationsfilm.



Radon gelangt über die Atemluft in die menschliche Lunge. Es wird zwar wieder ausgeatmet, die ebenfalls inhalierten radioaktiven Zerfallsprodukte wie Polonium, Wismut oder Blei verbleiben jedoch und zerfallen dort.



© Bundesamt für Strahlenschutz 2013

### Radonmessung und -sanierung

Der Mittelwert der Radonkonzentration in Wohnungen beträgt in Deutschland rund  $50 \text{ Bq/m}^3$ , wobei es jedoch eine große Variationsbreite gibt. In etwa 10 Prozent der Ein- und Zweifamilienhäuser wird der empfohlene Referenzwert von  $100 \text{ Bq/m}^3$  überschritten. Die Radonkonzentration in einer Wohnung hängt im Wesentlichen vom Radongehalt im Boden, von der Bausubstanz und vom Lüftungsverhalten der Bewohner ab. Welche Konzentration in den Aufenthaltsräumen eines Hauses tatsächlich vorkommt, kann nur durch Messungen verlässlich ermittelt werden.

Zur Senkung der Radonkonzentration reicht oft schon das Abdichten von Rissen, Fugen und Rohrdurchführungen in Boden berührenden Hausbereichen oder das Abdichten der Kellertüren aus.

Neubauten sollten so geplant und gebaut werden, dass in den Aufenthaltsräumen Radonkonzentrationen von

mehr als  $100 \text{ Bq/m}^3$  im Jahresmittel vermieden werden. In Gebieten mit hoher Radonbodenluftkonzentration müssen spezielle Maßnahmen vorgesehen werden, wie z. B. eine Radon-Drainage. Die aus energetischen Gründen immer dichter werdende Gebäudehülle und der dadurch verminderte Luftwechsel stellen dabei eine Herausforderung dar.

Neue Häuser müssen so geplant werden, dass sie trotz Vorgaben zur Energieeinsparung über genügend Luftwechsel verfügen, um eine Anreicherung von Innenraumschadstoffen (darunter auch Radon) zu vermeiden. Das BfS hat erprobte und kostengünstige Maßnahmen sowohl für neu zu errichtende Gebäude als auch für die Sanierung bestehender Gebäude im „Radon-Handbuch Deutschland“ (Hrsg. BMUB) zusammengestellt, das über [info@bfs.de](mailto:info@bfs.de) kostenlos als elektronische Version bezogen werden kann.

### Richtlinien der Europäischen Union und kommende nationale Regelungen zu Radon

Mit der Richtlinie 2013/59/Euratom liegt erstmals eine verbindliche Grundlage für nationale Regelungen in den EU-Mitgliedstaaten zu Radon in Wohnungen und an allen betroffenen Arbeitsplätzen vor. In der Richtlinie 2013/59/Euratom werden u. a. Referenzwerte von maximal  $300 \text{ Bq pro m}^3$  für Radon-Innenraumkonzentrationen in Wohnungen, in öffentlich zugänglichen Gebäuden wie Schulen und Kindergärten und an Arbeitsplätzen vorgegeben. Die Mitgliedstaaten sollen nationale Maßnahmepläne aufstellen, in denen u. a. festgelegt ist, wie Wohnungen und Arbeitsplätze mit hohen Radonkonzentrationen identifiziert werden, wie die Radonbelastungen verringert werden können und wie das Bewusstsein der Bevölkerung für die mit Radon verbundenen Gesundheitsrisiken geschärft werden kann. Das BfS wird in die Ausgestaltung und in die Umsetzung des deutschen Maßnahmenplans einbezogen.



Maßnahmen zum Schutz vor erhöhten Radonkonzentrationen in Gebäuden, z. B. Radonschutz durch Abdichtung in der Bodenplatte und Erzeugung eines Unterdruckes im Baugrund mittels Radondrainage.

# Natürliche Radioaktivität in Bauprodukten

## Natural Radioactivity in Building Products

*Natural radioactive nuclides like uranium, thorium and their decay products as well as potassium-40 can be found in all stony building products. Both, the new European Basic Safety Standards directive for radiation protection and the Building Product Directive, call for national regulations to limit the exposure. The European Committee for Standardisation is mandated to harmonise the standards of the member states for measuring the nuclide content and to offer a recommendation for exposure assessment. The Federal Office for Radiation Protection (BfS) provides robust data of the nuclide content of building products and new ways for a better exposure assessment as a basis for national regulations and European harmonisation.*

**Ansprechpartner:**  
**Bernd Hoffmann (03018 333-4210)**

In allen Gesteinen und Böden finden sich Spuren von natürlichem Uran und Thorium und den Radionukliden ihrer Zerfallsketten. Zusätzlich findet man das natürliche radioaktive Kalium-40. Da der überwiegende Teil der Bauprodukte aus mineralischen Rohstoffen hergestellt wird, kann man diese Nuklide auch dort nachweisen. Für den Strahlenschutz sind – neben der Art der Verwendung der Baustoffe – die Radionuklidkonzentrationen entscheidend. Radionuklide können in Baustoffen auf zwei Wegen zu einer Exposition führen: einerseits durch die von ihnen ausgehende Gamma-Strahlung, andererseits durch Einatmen (Inhalation) von Radon, das als einziges Glied der Zerfallsketten gasförmig und flüchtig („Radonexhalation“) ist. Frühere Untersuchungen aus der zweiten Hälfte des vorigen Jahrhunderts zeigen, dass sich in Deutschland nur in regional sehr begrenzten Fällen, wie z. B. bei der Verwendung von Kupferschlacke im Mansfelder Raum oder von

Sanden mit erhöhter Urankonzentration in einzelnen Gemeinden der Eifel, auffällige Werte ergaben. Vergleichbare Vorkommnisse wie die bis zum Anfang der 1970er Jahre in Schweden übliche Verwendung alaunschieferhaltiger Leichtbetone in mehr als 30.000 Gebäuden, die zu einer nennenswerten Dosis für die Bewohner führte, gab es in Deutschland nicht. Dementsprechend existiert in Deutschland keine allgemeine Regelung zur natürlichen Radioaktivität in Bauprodukten.

In der neuen europäischen Grundnormenrichtlinie zum Strahlenschutz sind nun verbindliche Regelungen zur Begrenzung der natürlichen Radioaktivität von Baustoffen vorgeschrieben. Dies soll mit einem allgemeinen Referenzwert zur Dosisbeschränkung erfolgen. Für von dem Mitgliedstaat unter Strahlenschutzgesichtspunkten als bedenklich eingestufte Baustoffe, zu denen neben Alaunschiefer und Gips aus der Phosphorsäureherstellung u. a. auch weit verbreitet eingesetzte industrielle Rückstände wie Flugasche und Hüttensand neben Granit, Tuff und anderen Natursteinen vulkanischer Herkunft gehören können, wird eine Messpflicht gefordert; auf entsprechende Anforderung sind die Messergebnisse der zuständigen Behörde mitzuteilen. In Bezug auf die Arten von Baustoffen, die den Referenzwert von 1 mSv pro Jahr voraussichtlich überschreiten, erlassen die Mitgliedstaaten angemessene Maßnahmen. Die Wahl der Mittel überlässt die Richtlinie 2013/59/Euratom den Mitgliedstaaten.

Die Regelungen der Richtlinie 2013/59/EURATOM ergänzen die Forderungen der Europäischen Bauprodukteverordnung. Darin wird klargestellt, dass die Bewohner eines Gebäudes weder durch die „Emission gefährlicher Strahlen“ noch durch das „Vorhandensein gefährlicher Teilchen oder Gase in der Luft“ aus Bauprodukten gefährdet werden dürfen. Um sowohl eine Einschätzung der Folgen der zu



erwartenden strahlenschutzrechtlichen Regelungen zu ermöglichen als auch in den Gremien (Deutsches Institut für Bautechnik DIBt, Europäisches Komitee für Normung CEN) die Ziele des Strahlenschutzes sachgerecht zu vertreten, war eine aktuelle Erhebung der Radionuklidkonzentrationen und der Radonabgabe von Baumaterialien in Deutschland erforderlich. Ergebnis der stichprobenartigen Erhebungen unter vorher festgelegten Kriterien war, dass das Gros der Bauprodukte in Deutschland zu keiner aus Strahlenschutzsicht bedenklichen Dosis für die Bewohner führt. Für eine genauere Bestimmung der Exposition erstellt das BfS im Rahmen der Mitarbeit beim CEN eine einfache Berechnungsmethode. Zusammen mit der Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM) beschäftigt sich das Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) mit der Standardisierung der Messung der Radonabgabe.

Die Radonabgabe von Bauprodukten trägt neben dem Radonzutritt aus dem Baugrund ebenfalls zur Radoninnenraumkonzentration bei. Durch die ständig steigenden Energiekosten im privaten Bereich werden Häuser immer dichter gebaut. Mit sinkender Luftwechselrate steigt die Konzentration der aus Bauprodukten abgegebenen Schadstoffe im Innenraum, darunter die des Radons. Auch führt der ökologische und im Sinne der Innenraumhygiene sinnvolle Baustoff Lehm im Innenraum unter Umständen zu hohen Radonkonzentrationen. Sowohl im Rahmen der nationalen Umsetzung der europäischen Grundnormen zum Strahlenschutz als auch im Rahmen der Bauprodukteverordnung werden Bundesumweltministerium (BMUB) und BfS – zusammen mit nationalen und europäischen Partnern – sich dieser Problematik annehmen.

Germaniumdetektor in Bleiabschirmung (links) und Probenwechsler (rechts): in den silbernen Containern befinden sich die auf Gammastrahlung zu untersuchenden Baustoffe.

# Die Überwachung natürlicher Radionuklide im Trinkwasser

## Monitoring Natural Radionuclides in Drinking Water

*The Federal Office for Radiation Protection (BfS) performed a survey on the radiological quality of drinking water in Germany. Based on these results and European regulations a team of experts from the Federal Environmental Ministry, BfS, public authorities and independent labs have developed a guideline on the measurement and evaluation of radioactivity in drinking water. Among others it includes the definition of radionuclides to be taken into account when estimating the ingestion dose (including lead-210 and polonium-210), and an independent parameter for radon-222 (100 Bq/l). Most of the concept is implemented in the recently published new European directive on radioactivity in drinking water under the Euratom Treaty.*

**Ansprechpartner:**  
**Thomas Bünger (03018 333-4312)**  
**Andreas Labahn (03018 333-4310)**

**S**ämtliche Wässer – Oberflächenwässer und insbesondere Grundwässer und damit auch alle Trinkwässer – enthalten in geringen Spuren natürliche Radionuklide. Sie werden mit dem Trinkwasser in den menschlichen Organismus aufgenommen und entweder schnell wieder ausgeschieden oder über kürzere oder längere Zeit gespeichert und teilweise auch in Gewebe eingelagert.

Für die Qualität des Trinkwassers spielt daher auch der Gehalt an radioaktiven Stoffen eine Rolle. In die deutsche Trinkwasserverordnung von 2001 (zuletzt geändert 2011) wurden deshalb auch zwei „Indikatorparameter“ für die Überwachung der Radioaktivität aufgenommen: die Aktivitätskonzentration für Tritium (Parameterwert 100 Bq/l) und die so genannte Gesamtrichtdosis (Parameterwert 0,1 mSv/a). Bei der Gesamtrichtdosis handelt es sich um eine effektive Dosis, bei deren

Berechnung die Aktivitätskonzentrationen relevanter Radionuklide zu berücksichtigen sind, mit Ausnahme von Tritium, Kalium-40, Radon und kurzlebigen Radonzerfallsprodukten. Damit wurde die EU-Trinkwasserrichtlinie (Richtlinie 98/83/EC) aus dem Jahr 1998 in nationales Recht umgesetzt. Da jedoch die von der EU-Kommission zugesagten einheitlichen Umsetzungsanforderungen nicht vorgelegt wurden, konnte diese Regelung bisher nicht vollzogen werden. Auf Beschluss des Europäischen Parlaments wurden in der EU-Trinkwasserrichtlinie die „Guidelines for Drinking Water Quality“ der Weltgesundheitsorganisation (WHO) aus dem Jahr 1993 (zuletzt modifiziert im Jahr 2011) berücksichtigt, in denen erstmals international die Radioaktivität in das System der Trinkwasserüberwachung einbezogen wurde.

## Wissenschaftliche Untersuchungen: Das Trinkwasser-Messprogramm des BfS

Die Strahlenexposition der Bevölkerung ist infolge des Konsums von Trinkwasser verglichen mit der natürlichen Strahlenexposition durch andere Quellen gering. Dies ist das Ergebnis einer umfangreichen Studie zur Strahlenbelastung der Bevölkerung durch natürliche Radionuklide im Trinkwasser, die das Bundesamt für Strahlenschutz in den Jahren 2003 bis 2007 im Auftrag des Bundesumweltministeriums durchgeführt hat [1]. Aus Gründen des vorsorgenden Gesundheitsschutzes empfahl das BfS seinerzeit u. a., die Radionuklide Radon-222 sowie Blei-210 und Polonium-210, denen die Untersuchung eine besondere Bedeutung beimaß, in die Überwachung nach der Trinkwasserverordnung mit einzubeziehen. Nach der EU-Trinkwasserrichtlinie 98/83/EC aus dem Jahr 1998 war dies bisher nicht vorgesehen.

Mit dem Ziel, ein radiologisch und radiotoxikologisch begründetes Untersuchungs- und Bewertungskonzept für die radioaktivitätsbezogenen Parameter zur Beurteilung der Qualität des Trinkwassers sowie Vorgaben für die



Probenahme, Untersuchungsabfolge und Häufigkeit zu erarbeiten, initiierte das Bundesumweltministerium im Jahr 2009 die Bildung einer Arbeitsgruppe aus Experten unter Federführung des BfS.

## Trinkwasser-Leitfaden des BMUB und Ausblick

Auf der Grundlage der o. g. BfS-Studie und unter Berücksichtigung normativer Vorgaben der EU (wie der EU-Radonempfehlung 2001/928/EURATOM) legte die Arbeitsgruppe im Jahr 2012 einen Leitfaden zur Untersuchung und Bewertung von Radioaktivität im Trinkwasser vor [2]. Das Überwachungskonzept des Leitfadens sieht vor, dass in Deutschland (i) in der Regel auf die Überwachung künstlicher Radionuklide verzichtet werden kann, (ii) bei der Ermittlung der Gesamtrichtdosis die Radon-Zerfallsprodukte Blei-210 und Polonium-210 mit einbezogen werden und (iii) für Radon und Tritium ein eigenständiger Parameter von 100 Bq/l empfohlen wird (s. Jahresbericht 2011 des BfS). Gegebenenfalls, gepaart mit geeigneten technischen Maßnahmen zur Reduktion des Gehaltes an Radioaktivität im Trinkwasser, sollen die im Ergebnis der Überwachung ggf. zu ergreifenden Maßnahmen zu einer Minimierung der Strahlenbelastung der Bevölkerung durch natürliche Radioaktivität im Trinkwasser führen. Das im Leitfaden beschriebene Über-



## Strahlenschutz für die Patienten in der Nuklearmedizin

### Radiation Protection for Patients in Nuclear Medicine

*For nuclear medicine diagnostics, it is in general sufficient to calculate doses for reference patients. In case of patient therapeutic measures using radioactive substances it is, however, necessary to assess individual doses to assure a sufficient dose to the target tissues and to avoid too high doses to healthy organs at risk. To ensure a comparable patient dosimetry in all hospitals on the most recent scientific and technical level, a software was developed within a national project.*

**Ansprechpartner:  
Dietmar Noßke (03018 333-2330)**

In der nuklearmedizinischen Diagnostik werden den Patienten offene radioaktive Arzneimittel verabreicht, die sich je nach ihren chemischen Eigenschaften im Stoffwechsel des Menschen unterschiedlich verhalten und sich in unterschiedlicher Konzentration in den Organen oder Geweben des Menschen vorübergehend anreichern. Sie sind auf Grund ihrer Radioaktivität mit geeigneten Messverfahren in ihrer zeitlichen und räumlichen Verteilung im Patienten nachweisbar und darstellbar und ermöglichen somit die Untersuchung nahezu sämtlicher Organsysteme des Menschen.

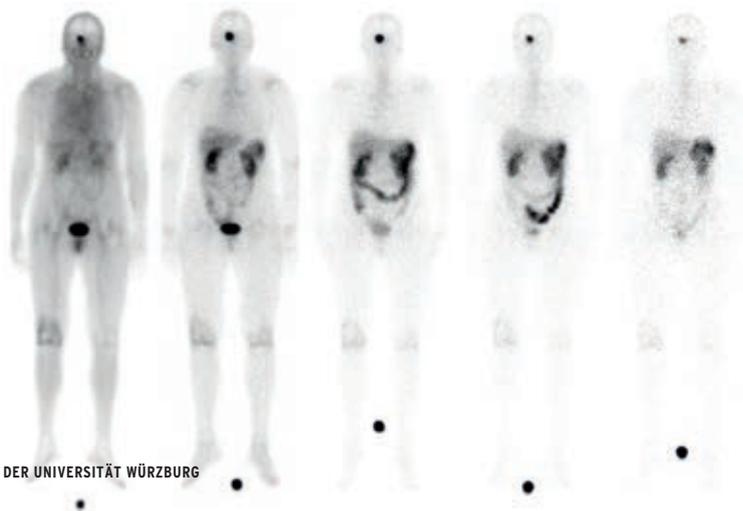
Zur Dosisabschätzung in der nuklearmedizinischen Diagnostik genügt es im Allgemeinen, Dosiswerte für Referenzpersonen zu ermitteln. Entsprechende Modelle werden vom BfS bewertet und selbst entwickelt, wobei diese Arbeiten auch in die Veröffentlichungen der Internationalen Strahlenschutzkommission (ICRP [3]) eingehen.

Bei nuklearmedizinischen Therapien werden dem Patienten große Mengen radioaktiver Arzneimittel verabreicht, um gut- oder bösartige Wucherungen abzutöten. Diese Therapien können bei Überdosierung Schäden in gesunden Organen oder gar Organversagen verursachen oder bei Unterdosierung nicht die gewünschte Wirkung (therapeutische Wirkung im Tumor) erzielen. Daher ist die korrekte Wahl der Aktivität auf der Grundlage einer individuellen Dosisermittlung wichtig.

Um eine patientenspezifische Dosimetrie und Therapie zu ermöglichen, die reproduzierbar und auf dem aktuellen wissenschaftlichen Stand ist, wurde innerhalb eines vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) geförderten Projekts (NukDos) unter Beteiligung des BfS eine Software entwickelt, die alle Methoden zur Berechnung einer individuellen Dosis bei Strahlenanwendungen enthält. Sie kann Blut- und Urindaten verwenden, die Bilddaten von vorangegangenen Untersuchungen einlesen und stellt dem Nutzer die notwendigen Werkzeuge zur Bildauswertung zur Verfügung. Damit kann sie sowohl die individuelle zeitliche und räumliche Verteilung des Arzneimittels im Körper berücksichtigen als auch die Lage und Größe der Organe des Patienten. Die Bedienung des Programms erfordert Expertenwissen, es erleichtert aber die individuelle Dosimetrie, stellt deren Qualität auf dem derzeitigen wissenschaftlichen Stand sicher und ermöglicht insbesondere auch die Vergleichbarkeit der individuellen Patientendosimetrie zwischen verschiedenen Kliniken.

wachungskonzept ist in die Erarbeitung einer europäischen Richtlinie zur Festlegung von Anforderungen an den Schutz der Gesundheit der Bevölkerung hinsichtlich radioaktiver Stoffe in Wasser für den menschlichen Gebrauch eingeflossen. Zwischenzeitlich wurde die Richtlinie zur Festlegung von Anforderungen an den Schutz der Gesundheit der Bevölkerung hinsichtlich radioaktiver Stoffe in Wasser für den menschlichen Gebrauch (Richtlinie 2013/51/Euratom des Rates vom 22. Oktober 2013) verabschiedet. Sie ist innerhalb von zwei Jahren in nationales Recht umzusetzen.

Aktivitätsverteilung in einer Patientin zu verschiedenen Zeitpunkten nach Applikation von Lu-177-Dotatate



© NUKLEARMEDIZIN DES KLINIKUMS DER UNIVERSITÄT WÜRZBURG

# Schutz vor gesundheitlichen Schäden durch UV-Strahlung

## Protection from Health Impacts Caused by UV Radiation

Scientific studies show unambiguously that ultraviolet radiation (UV radiation) is carcinogenic in humans and causes skin cancer. A permanent change of the individual behaviour related to the sun and UV radiation towards a more responsible attitude is urgently required. In consequence, the Federal Office for Radiation Protection (BfS) has focused its activities on effective skin cancer prevention measures.

### UV Index

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11<sup>+</sup>

NIEDRIG

MITTEL

HOCH

SEHR HOCH

EXTREM

Kein Schutz notwendig

Schutz notwendig

Besonderer Schutz notwendig

Gefahrloser Aufenthalt draußen möglich.

In der Mittagszeit Schatten suchen, T-Shirt anziehen, Sonnencreme auftragen und Hut aufsetzen.

In der Mittagszeit möglichst nicht draußen aufhalten! Unbedingt Schatten suchen! T-Shirt, Sonnencreme und Hut sind dringend erforderlich.

**Ansprechpartnerinnen:**  
**Cornelia Baldermann (03018 333-2141)**  
**Monika Asmuß (03018 333-2147)**

**E**s ist wissenschaftlich eindeutig erwiesen, dass ultraviolette Strahlung (UV-Strahlung) krebserregend (kanzerogen) und Ursache für Hautkrebs ist. Die Internationale Agentur für Krebsforschung (International Agency for Research on Cancer, IARC [1]) der Weltgesundheitsorganisation hat im Jahr 2009 natürliche und künstliche UV-Strahlung in die höchste Risikogruppe I „krebserregend beim Menschen“ eingestuft. Hautkrebs ist die weltweit häufigste Krebserkrankung. In Deutschland hat sich die Erkrankungsrate (Inzidenz) für den schwarzen Hautkrebs (malignes Melanom) seit den 1980er Jahren mehr als verdreifacht. Grund ist der sorglose Umgang mit Sonne und Solarien. Entsprechend kann durch einen vernünftigen Umgang mit der UV-Strahlung das Risiko, an Hautkrebs zu erkranken, vermindert werden.

Eine dauerhafte Veränderung der individuellen Einstellung gegenüber der UV-Strahlung ist dringend geboten. Das BfS hat daher seine Aktivitäten auf effektive Informationen und die Prävention gerichtet, mit dem obersten Ziel, die Erkrankungs- und Sterbehäufigkeit durch Hautkrebs zu senken. Angestrebt wird dabei nicht nur eine nachhaltige Veränderung des individuellen Verhaltens (Verhaltensprävention), sondern auch eine Veränderung solcher Lebens-, Arbeits- und Umweltbedingungen, die es dem Einzelnen im Alltag erschweren, den notwendigen UV-Schutz zu leben (Verhaltensprävention).

Der UV-Index (UVI) ist international einheitlich festgelegt. Er beschreibt den am Boden erwarteten Tagesspitzenwert der sonnenbrandwirksamen UV-Strahlung.

### **Maßnahmen des BfS zur Verhältnisprävention**

Als einen ersten Schritt zur Verhältnisprävention ergriff das BfS vor mehr als zehn Jahren die Initiative für ein freiwilliges Zertifizierungsverfahren für Solarienbetriebe. Dieses führte aber nicht zu dem erwünschten Erfolg und damit auch nicht zu einer Verbesserung des Verbraucherschutzes. Daher wurden unter maßgeblicher Beteiligung des BfS rechtliche Regelungen erarbeitet. Im Jahr 2009 trat das Gesetz zum Schutz vor nichtionisierender Strahlung bei der Anwendung am Menschen (NiSG) und 2012 dann die UV-Schutz-Verordnung (UVSV) in Kraft. Die Verantwortung für den Vollzug liegt bei den Bundesländern. Das BfS und das Bundesumweltministerium unterstützten die Landesbehörden in den Jahren 2012 und 2013 durch Informationsveranstaltungen. Zusätzlich erstellte das BfS zusammen mit der Arbeitsgemeinschaft Dermatologische Prävention (ADP) einen Ausbildungsleitfaden für Solarien-Fachpersonal [2]. Darüber hinaus beteiligt sich das BfS an der Erstellung deutscher und europäischer Normen für den Betrieb von Solarien mit dem Ziel, neben technischen Regeln auch Anforderungen des Strahlenschutzes in den Normen zu verankern.

### **Maßnahmen des BfS zur Verhaltensprävention**

Das BfS informiert in Informationsbroschüren, im Internet ([www.bfs.de](http://www.bfs.de) -> UV-Strahlung) und durch Vorträge sowie Ausstellungen über Wirkungen von UV-Strahlung und geeignete Schutzmaßnahmen. Die herrschende UV-Intensität der Sonne wird in Form des UV-Index vom BfS gemessen und veröffentlicht ([www.bfs.de](http://www.bfs.de) -> UV-Index). In 2010 bündelte das BfS seine Aktivitäten zur Hautkrebsprävention unter dem Logo „Sonne – Aber sicher!“. Speziell für Kinder sowie deren Erzieher, Lehrkräfte und Eltern wurde eine mobile UV-Ausstellung – das UV-Infomobil ([www.bfs.de](http://www.bfs.de) -> UV-Infomobil) erstellt. So kann vor Ort über UV-Schutz informiert werden. Ergänzt wird dieses Angebot durch BfS-eigene UV-Unterrichtsmaterialien für Kinder-

gärten, Grundschulen und die Sekundarstufe I (bis 10. Klasse), die kostenlos zur Verfügung gestellt werden.

Um das Thema UV-Schutz nachhaltig in den Schulen zu verankern, setzt das BfS auf Multiplikatorenschulungen in Form von Lehrerfortbildungen. In den Jahren 2012 und 2013 wurden in Zusammenarbeit mit dem Landesinstitut für Schulqualität und Lehrerbildung Sachsen-Anhalt (LISA) bereits entsprechende Fortbildungen durchgeführt.



Das Logo des UV-Schutz-Bündnisses

### **Vernetzter Verbraucherschutz: Das UV-Schutz-Bündnis**

Das BfS ist in Deutschland nicht der einzige Akteur zum Thema UV-Schutz. Eine Vernetzung der Hauptakteure im Bereich UV-Schutz ist ein wichtiger Schritt, um die Risikowahrnehmung in der Bevölkerung zu verbessern. Um dieser Vernetzung eine formale Basis zu geben, hat das BfS das UV-Schutz-Bündnis initiiert ([www.bfs.de](http://www.bfs.de) -> UV-Schutz-Bündnis). Es ist ein Zusammenschluss von derzeit 15 wissenschaftlichen, medizinischen und politischen Organisationen und Institutionen, die in Deutschland und in der EU im UV-Schutz aktiv sind. Die gemeinsame Botschaft der Partner lautet „UV-Schutz ist gesund“. Eine solche gleichlautende Botschaft aus dem Munde vieler namhafter Organisationen ist besonders wirksam.

Der QR-Code führt zu einem Informationsfilm.



# Strahlenschutz beim Stromnetzausbau

## Power Grid Expansion and Radiation Protection

*The electric power grids must be adjusted and/or expanded to cope with changes in power generation and consumption. In Germany radiation protection issues are regulated in the twenty-sixth ordinance implementing the Federal Immission Control Act. The Federal Office for Radiation Protection provided advice to the competent ministry when the ordinance had been amended in 2013. The scope of the ordinance was extended, precautionary aspects were strengthened and a limit for static magnetic fields was introduced. It applies to high-voltage direct current (HVDC) transmission lines, which are planned to transmit electric offshore energy to Germany's western and southern centres. BfS calls for further precautionary measures to minimise exposures and to reduce uncertainties in risk assessment. For that BfS initiates and coordinates research.*

## Ansprechpartner: Dirk Geschwentner (03018 333-2148)

**G**renzwerte für elektrische und magnetische Felder von ortsfesten Anlagen der Stromversorgung sowie Vorsorgeanforderungen sind seit 1996 in der Sechszwanzigsten Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über elektromagnetische Felder – 26. BImSchV) geregelt. 2013 trat eine geänderte Fassung der Verordnung in Kraft. Das BfS hat das Bundesumweltministerium bei der Novellierung fachlich unterstützt. Der Geltungsbereich der Verordnung wurde ausgedehnt und u. a. um Gleichstromanlagen ergänzt. Dadurch werden die geplanten „Stromautobahnen“ erfasst, die den vor allem an den Küsten erzeugten Windstrom zu den Verbrauchszentren leiten sollen. Gleichstromleitungen sind von Gleichfeldern umgeben, für die es jetzt einen rechtlich verbindlichen Immissionsgrenzwert gibt.

Die Empfehlungen für die vom Gesetzgeber festzulegenden Grenzwerte stützt das BfS auf eigene Bewertungen und auf die Risikobewertung internationaler Fachgremien wie zum Beispiel der Internationalen Kommission zum Schutz vor nichtionisierender Strahlung (ICNIRP) und der Weltgesundheitsorganisation (WHO). Aus den Publikationen dieser Organisationen und aus veröffentlichten Forschungsergebnissen leitet das BfS Forschungsbedarf ab. Offene Fragen bestehen zu einem möglichen Zusammenhang von niederfrequenten Magnetfeldern und Leukämien im Kindesalter (s. S. 54) sowie neurodegenerativen Erkrankungen (s. S. 87).

Weil es noch offene Fragen gibt, rät das BfS zur Vorsorge. Hierzu gehören die Information über nachgewiesene und vermutete Risiken, die Intensivierung und Koordinierung von Forschung sowie die Minimierung vermeidbarer Expositionen. Gemäß 26. BImSchV dürfen Drehstromfreileitungen mit 220 kV und mehr, die in einer neuen Trasse geplant werden, aus Vorsorgegründen nicht mehr

© MATTHIAS KULKA/CORBIS



Intensivierung der  
Bürgerbeteiligung  
bei der Planung  
neuer Trassen



Der QR-Code führt zu  
einem Informationsfilm.

über Gebäude- oder Gebäudeteile geführt werden, die zum dauerhaften Aufenthalt von Menschen bestimmt sind. Bei neuen oder wesentlich geänderten Gleichstrom- und Niederfrequenzanlagen müssen die elektrischen, magnetischen und elektromagnetischen Felder zukünftig nach dem Stand der Technik minimiert werden. Konkrete Details sollen in einer Verwaltungsvorschrift geregelt werden, an deren Erarbeitung sich das BfS beteiligen wird.

Beim Stromnetzausbau müssen Strahlenschutzaspekte von Anfang

an beachtet werden. Belange des Wohnumfeldschutzes beinhalten unter anderem den Schutz vor möglichen gesundheitlichen Risiken durch niederfrequente Felder. Immissionsgrenzwerte beruhen auf gesicherten wissenschaftlichen Erkenntnissen zu gesundheitlichen Wirkungen. Ergänzende Vorsorgeempfehlungen berücksichtigen wissenschaftliche Unsicherheiten und bestehen aus Informationsmaßnahmen, weiterer Forschung und Minimierung vermeidbarer Expositionen.

Vorsorgeaspekte spielen auch bei der

Intensivierung der Bürgerbeteiligung im Zusammenhang mit der Planung neuer Stromtrassen eine Rolle. Das BfS begrüßt, dass die formalen Verfahren zur Information und Transparenz in den letzten Jahren intensiviert wurden und damit den Bürgerinnen und Bürgern Gelegenheit gegeben wird, frühzeitig ihre Interessen einzubringen und über Alternativen zu diskutieren. Dies sollte durch weitere frühzeitige informelle Beteiligungsverfahren ergänzt werden. Nur so können die Interessen aller bei den Planungen angemessen berücksichtigt werden.

**§** Bei Gleichstrom- und Niederfrequenzanlagen: Minimierung der elektrischen, magnetischen und elektromagnetischen Felder nach dem Stand der Technik.

Drehstromfreileitungen ab 220 kV dürfen in neuen Trassen nicht mehr über Gebäude oder Gebäudeteile geführt werden, die zum dauerhaften Aufenthalt von Menschen

## Mobile Communications and Health Protection

*Mobile communications technology is based on emitting and receiving electromagnetic waves. Base stations and mobile phones both contribute to the public's exposure, but protection measures have to take into account the fairly different exposure patterns. Safety and health protection regarding mobile phones is dealt with by legislation on product safety. Details are substantiated in technical standards. BFS contributes to the work done in technical committees of standardisation bodies and informs the public about exposures and precautionary measures. The twenty-sixth ordinance implementing the Federal Immission Control Act regulates the erection and operation of base stations. Based on scientifically sound expertise, BFS provided advice for the competent German ministry when the Ordinance was amended in 2013.*

## Ansprechpartner:

**Dirk Geschwentner (03018 333-2148)**

**Peter Hofmann (03018 333-2152)**

Die Nutzung des Mobilfunks ist heutzutage eine Selbstverständlichkeit. Mit Hilfe hochfrequenter elektromagnetischer Felder werden digitale Informationen drahtlos übertragen. Die Sicherheit der Anwender von Mobilfunkgeräten und der Schutz der Bevölkerung vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch die Felder der ortsfesten Basisstationen sind unterschiedlich geregelt.

## Gesundheitsschutz bei mobilen Endgeräten - Handys und Smartphones

Die Sicherheit von Handys und Smartphones fällt in den Bereich des Produktsicherheitsrechts. Ein Maß für die Exposition des Anwenders, das heißt für die Energie pro Zeiteinheit, die im Körper aufgenommen wird, ist die Spezifische Absorptionsrate (SAR). Die Internationale Kommission zum Schutz vor nichtionisierender Strahlung empfiehlt, 2 W/kg nicht zu überschreiten. Die Schutzwirkung des empfohlenen Höchstwerts wurde unter anderem im Rahmen des Deutschen Mobilfunk Forschungsprogramms (DMF [1]) bestätigt. Messbedingungen für die SAR werden in Normungsgremien festgelegt, in denen das BFS mitarbeitet. Das BFS setzt sich für eine

vorsorgliche Verringerung der individuellen Exposition und für eine umfassende Information der Bevölkerung als Ergänzung zu den Vorschriften des Produktsicherheitsrechts ein.

Auf verschiedenen Veranstaltungen informierte das BFS 2013 Verbraucher vor Ort. So war das BFS u. a. auf der Bildungsmesse DIDACTA und auf der Internationalen Funkausstellung (IFA) vertreten. Besucher konnten sich an Informationstafeln oder im Gespräch mit BFS-Mitarbeitern über Strahlenschutzaspekte informieren. An einem mobilen SAR-Messsystem konnten die Besucher den SAR-Wert ihres Mobiltelefons unter Live-Bedingungen ermitteln.

Zur Verbraucherinformation gehören auch die vom BFS durchgeführten Erhebungen der unter Laborbedingungen gemessenen SAR-Werte von Handys und Smartphones. Die hohen Zugriffszahlen auf die entsprechenden BFS-Internetseiten [2] bestätigen das hohe Verbraucherinteresse.

## Immissionsschutz bei Mobilfunk-Basisstationen

Grenzwerte für hochfrequente elektromagnetische Felder von Mobilfunk-Basisstationen sind in der 26. Bundesimmissionsschutzverordnung geregelt. 2013 wurde die Verordnung geändert. Das BFS hat das Bundesumweltministerium fachlich unterstützt. Gestützt auf die Ergebnisse des DMF konnten die Grenzwerte unverändert gelassen werden. Allerdings müssen sie nun auch an Orten eingehalten werden, an denen sich Menschen nur vorübergehend aufhalten. Eine weitere Neuerung besteht darin, dass die von den Mobilfunknetzbetreibern im Rahmen ihrer Selbstverpflichtung (s. S. 56) bei der Standortauswahl freiwillig durchgeführte Beteiligung von Kommunen in ihren Grundzügen nun gesetzlich geregelt ist.

[1] [www.emf-forschungsprogramm.de](http://www.emf-forschungsprogramm.de)  
[2] [www.bfs.de/de/elektro/strahlenschutz\\_mobilfunk/schutz/vorsorge/oeokolabel.htm](http://www.bfs.de/de/elektro/strahlenschutz_mobilfunk/schutz/vorsorge/oeokolabel.htm)  
[3] [www.blauer-engel.de](http://www.blauer-engel.de)  
[4] [www.bfs.de](http://www.bfs.de)

# Strahlenschutzvorsorge: Verbraucherprodukte mit dem Blauen Engel

## The Easy Way of Precaution: Consumer Products Labelled with "Blauer Engel"

*Electric appliances emit electromagnetic fields and contribute to the public's exposure. Preferring low-radiation products is one way of precaution. But how can customers identify low-radiation products? "Blauer Engel" is an environment-related label for products and services that is well accepted by German customers. It enjoys a high level of trust and is easily identified. Products and services that are ecologically sound can be awarded. BfS contributes precautionary aspects when Basic Award Criteria for field emitting devices are being set up. Low-radiation mobile phones or baby monitors are only two examples of products that can be awarded so far.*

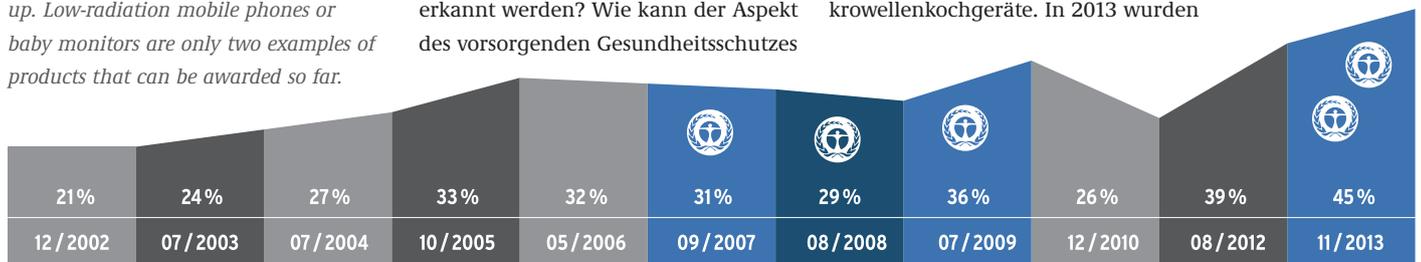
bei der Verwendung einzelner Geräte nicht überschritten werden. Die Empfehlungen leiten sich aus den wissenschaftlichen Erkenntnissen über die gesundheitsrelevanten Feldwirkungen ab. Wegen noch bestehender wissenschaftlicher Unsicherheiten in der Risikobewertung empfiehlt das BfS darüber hinaus, die individuelle Exposition zu minimieren.

### Eine etablierte Umweltkennzeichnung: Der Blaue Engel

Eine Möglichkeit zur Expositionsminimierung besteht in der Nutzung möglichst strahlungsarmer Geräte. Aber wie können strahlungsarme Produkte erkannt werden? Wie kann der Aspekt des vorsorgenden Gesundheitsschutzes

Produktsicherheitsrechts übertreffen und den international empfohlenen Expositionshöchstwert von 2 Watt pro Kilogramm Gewebemasse unter definierten Bedingungen zu weniger als etwa einem Drittel ausschöpfen, können seit 2002 mit dem Blauen Engel ausgezeichnet werden. Voraussetzung ist, dass zusätzliche Bedingungen, zum Beispiel an die Anwenderinformationen oder an das mitgelieferte Zubehör (Headset), erfüllt sind.

In den Folgejahren sind für weitere Produktkategorien Vergabegründlagen entwickelt worden, zum Beispiel für Babyüberwachungsgeräte und Mikrowellenkochgeräte. In 2013 wurden



## Ansprechpartner: Dirk Geschwentner (03018 333-2148)

Elektrisch betriebene Verbraucherprodukte sind von elektrischen und magnetischen Feldern umgeben. Für die bestimmungsgemäße Funktion kann es erforderlich sein, dass ein Gerät bestimmte Felder erzeugt und abstrahlt (Beispiel Mobiltelefon). Felder können aber auch nach außen treten, ohne dass eine Funktion damit verbunden ist. In beiden Fällen resultiert für den Verwender des Geräts eine Exposition, die von der Konstruktion des Geräts und von der individuellen Nutzung abhängt.

Die Sicherheit und der Schutz der Gesundheit sind Anforderungen im Produktsicherheitsrecht, die von technischen Sicherheitsnormen konkretisiert werden. Danach sollen empfohlene Expositionshöchstwerte

bei der Kaufentscheidung berücksichtigt werden? Eine Möglichkeit ist es, sich an einer etablierten Umweltkennzeichnung wie dem „Blauen Engel“ [3] zu orientieren.

Auf Antrag des Herstellers oder eines Anbieters können Produkte mit dem Blauen Engel ausgezeichnet werden, die besonders umweltfreundlich sind und zugleich die hohen Ansprüche des Arbeits- und Gesundheitsschutzes sowie der Gebrauchstauglichkeit erfüllen. Die Vergabekriterien werden von einer unabhängigen Jury beschlossen. Diese stützt sich auf die Erkenntnisse aus Expertenanhörungen, in denen die Ziele des Umweltzeichens diskutiert und für die jeweilige Produktgruppe konkretisiert werden.

Das Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) [4] entsendet regelmäßig Fachleute zu den Expertenanhörungen und bringt seine Strahlenschutzkompetenz ein. Die erste so entwickelte Vergabegründlage betrifft Mobiltelefone: Geräte, die die Anforderungen des

die Vergabegründlagen, die auch unter Beteiligung des BfS entstanden waren, darunter die Vergabegründlagen für digitale Schnurlostelefone, Lampen und Router, an die technischen Weiterentwicklungen angepasst. Die Anforderungen werden bewusst hoch angesetzt, so dass nur die so genannten „Top Runner“ einer Produktgruppe ausgezeichnet werden können.

In ausgewählten Produktkategorien bietet das Umweltzeichen „Der Blaue Engel“ somit schon heute eine einfache Entscheidungshilfe beim Kauf strahlungsarmer Produkte. Weitere Produktkategorien sollen folgen. An die Hersteller richtet sich der Appell, die Aspekte des vorsorgenden Strahlenschutzes bereits bei der Gerätekonstruktion zu berücksichtigen und den Blauen Engel als das etablierte Umweltzeichen in Deutschland zur Kennzeichnung strahlungsarmer und besonders umweltbewusst hergestellter Produkte verstärkt zu nutzen.

Prozentualer Anteil erfasster Mobiltelefone, die den Blauen Engel aus Strahlenschutz-Gesichtspunkten erhalten könnten (SAR-Wert bis 0,6 W/kg); 2007 – 2009 erhielt ein Gerät den Blauen Engel, 2013 zwei Geräte.



---

# Weitere Arbeits- schwerpunkte des Bundesamtes für Strahlen- schutz

# Konsequenzen aus dem Reaktorunfall in Fukushima

## Consequences from the Fukushima Nuclear Accident

*The Japanese Fukushima Daiichi nuclear power station was severely damaged by a natural disaster on 11th March 2011, causing accidental releases of radioactive material into the environment. Since then, BfS has been investigating the potential radiological consequences of similar accidents in Germany. Based on the results of these investigations on three nuclear power stations, the German Commission on Radiological Protection has released further recommendations for the expansion of current nuclear power station emergency planning zones. BfS also participated in major international assessments of radiation exposures and health risks resulting from the Fukushima radioactive releases: two World Health Organisation reports, covering initial assessments, and the larger scale report by the United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation.*

**Ansprechpartner/innen:**  
**Florian Gering (03018 333-2576)**  
**Linda Walsh (03018 333-2258)**  
**Matthias Zähringer (03018 333-6770)**

## Änderung der Planungsgebiete für Katastrophenschutzmaßnahmen - Welche Schutzmaßnahmen sind nötig bei einem Unfall in einem Kernkraftwerk?

### Der Unfall in Fukushima Daiichi

**A**m 11. März 2011 ereignete sich vor der Ostküste Japans das schwerste Erdbeben, das für dieses Land bisher dokumentiert wurde. Durch das Erdbeben und die dadurch ausgelöste gewaltige Tsunamiwelle starben über 20.000 Menschen. Der Tsunami führte zudem zu einer Kernschmelze in drei Reaktorblöcken des Kernkraftwerks Fukushima Daiichi, die Folge war die größte nukleare Katastrophe seit Tschernobyl. Etwa 90.000 Menschen in der Umgebung – teilweise bis zu einer

Entfernung von fast 50 km – mussten ihre Heimat verlassen, viele von ihnen können bis heute nicht zurückkehren. Auf nationaler und internationaler Ebene befassen sich Institutionen und Expertengremien mit den Folgen der nuklearen Katastrophe und mit den Konsequenzen, die daraus abzuleiten sind. Das Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) ging der Frage nach, welche Auswirkungen ein Unfall in einem Kernkraftwerk in Deutschland hätte. Die Weltgesundheitsorganisation (WHO) und das United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR) beriefen Expertengruppen ein, die sich mit einer Abschätzung der Strahlendosen und der zu erwartenden gesundheitlichen Folgen befassten. An diesen Gruppen war das BfS jeweils maßgeblich beteiligt.

### Welche Schutzmaßnahmen sind nötig bei einem Unfall in einem deutschen Kernkraftwerk?

Das BfS hatte sich nach dem Unfall in Fukushima zunächst mit der Frage befasst, welche Auswirkungen ein Unfall in einem deutschen Kernkraftwerk mit einem ähnlichen Verlauf wie in Fukushima in Deutschland hätte (s. BfS-Bericht BfS-SW-11/12 [1]). Eine systematische Vertiefung dieser ersten Untersuchung anhand von mehr als 5.000 Fallbeispielen wurde zwischen Herbst 2012 und Herbst 2013 durchgeführt. Das BfS kommt dabei zu dem Ergebnis, dass die bisherigen Planungen für den Notfallschutz, basierend auf den Erfahrungen von Fukushima, kritisch überprüft und weiterentwickelt werden sollten. Die Ergebnisse dieser BfS-Studien bilden die Grundlage für eine neue Empfehlung der deutschen Strahlenschutzkommission (SSK [2]), in der neue Notfallschutz-Planungszonen empfohlen werden. Diese wurden am 14. Februar 2014 verabschiedet und vom Bundesumweltministerium (BMUB) umgehend den Länderbehörden zur weiteren Planung weitergeleitet.



### Simulation von Unfällen in deutschen Kernkraftwerken

Alle Untersuchungen des BfS zu möglichen Auswirkungen von schweren Kernkraftwerks-Unfällen in Deutschland wurden mit dem Computerprogramm RODOS durchgeführt. Berücksichtigt wurden dabei lang anhaltende Freisetzungen, die bisher nicht im Zentrum der Planungen standen. Für die vertiefte und systematische Untersuchung wurden drei verschiedene Kernkraftwerke in Deutschland (Unterweser, Grohnde und Philippsburg) ausgewählt. Sie repräsentieren verschiedene orographische Lagen (diese beschreiben verschiedene Geländeformen wie Berge, Täler, flaches Land) und klimatische Zonen.

### Quellterme und Wetterlage spezifisch für Kernkraftwerke in Deutschland

Als Freisetzungsszenarien wurden schwere Unfälle mit Kernschmelze unterstellt, die in die höchsten Kategorien 5, 6 und 7 nach der international gebräuchlichen INES-Skala zur Bewer-



tung nuklearer und radiologischer Ereignisse einzuordnen wären [3]. Auf der Basis dieser Freisetzungen und mit realen meteorologischen Daten des Deutschen Wetterdienstes (DWD) wurden Berechnungen für einen frei gewählten Zeitraum (November 2011 bis Oktober 2012) durchgeführt. Aufgrund der großen Zahl an Ergebnissen (aus über 5.000 Einzelrechnungen) steht damit eine gesicherte Grundlage für Aussagen zu möglichen radiologischen Auswirkungen zur Verfügung.

#### Auswertung der Berechnungen

Die Berechnungen wurden in Bezug auf verschiedene Parameter ausgewertet, insbesondere im Hinblick auf die Gebiete beziehungsweise die maximale Entfernung vom Kernkraftwerk, bis zu der Dosis-Eingreifrichtwerte überschritten werden und damit bestimmte Katastrophenschutzmaßnahmen ergriffen werden. Diese Maßnahmen sind: Verbleiben im Haus, Verteilung von Jodtabletten und Evakuierung.

#### Ein Fallbeispiel

Die Abbildung auf Seite 32 oben zeigt die Strahlenbelastung durch die Direktstrahlung radioaktiver Stoffe in der Luft und am Boden sowie durch die Inhalation von radioaktiven Stoffen für ein simuliertes Szenario eines Unfalls im Kernkraftwerk Grohnde mit Freisetzungsbeginn am 1. November 2011. Die insgesamt freigesetzte Menge an radioaktiven Stoffen ist in etwa vergleichbar mit der Freisetzung während des Fukushima-Unfalls. Die bisherigen Planungszonen für den Notfallschutz sind als rote Kreise um das Kernkraftwerk (in der Mitte der Abbildung) eingezeichnet. Zusätzlich sind in dieser Abbildung mit orange/roten Farbtönen Gebiete eingetragen, in denen wegen der Überschreitung der Dosisrichtwerte die Maßnahme „Aufenthalt in Gebäuden“ notwendig wäre. Mit violetten Farbtönen sind Gebiete gekennzeichnet, in denen eine Evakuierung angeordnet werden müsste. Demnach wäre die Maßnahme „Aufenthalt in Gebäuden“ in nördlicher Rich-

tung bis zu einer maximalen Entfernung von ca. 27 km erforderlich.

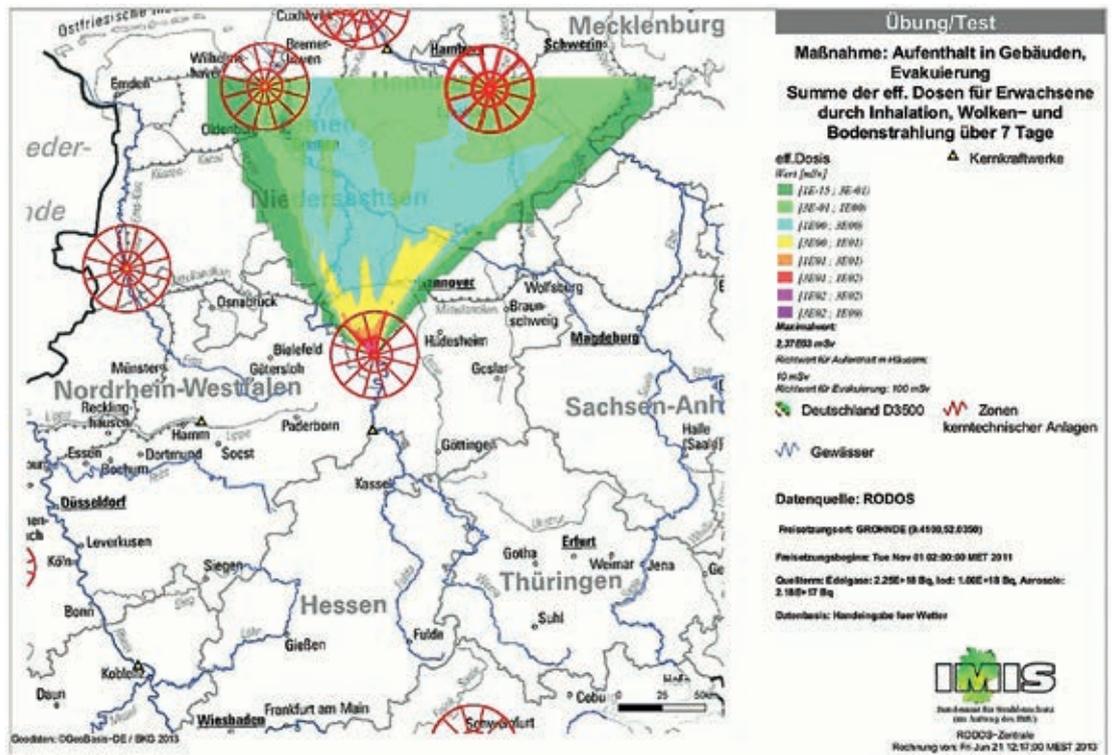
#### Weitere Ergebnisse

Für etwa 1.100 Fallbeispiele wurde die höchste Unfall-Kategorie INES 7 angenommen. In der Abbildung auf Seite 32 unten sind die Entfernungen eingetragen, bis zu denen jeweils Evakuierungen vorgenommen werden müssten. Aus der Auswertung aller Berechnungen ergeben sich folgende wesentliche Erkenntnisse:

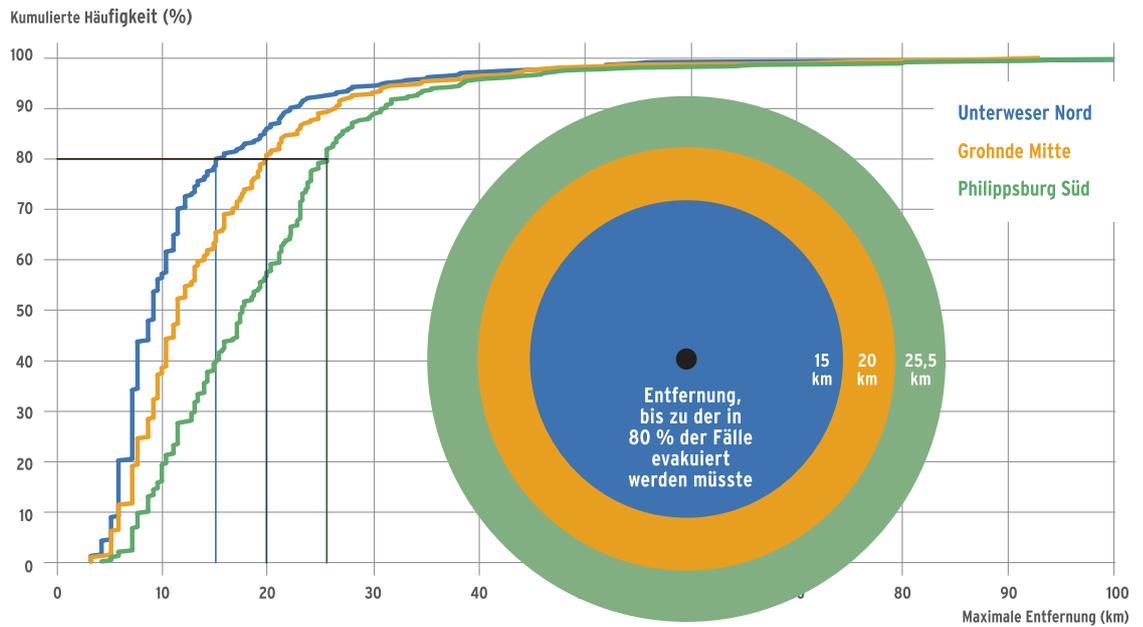
- Akute Strahlenschäden können durch eine schnelle Evakuierung – d. h. noch vor Beginn der Freisetzung – im Umkreis von etwa 5 km vermieden werden.
- Bis zu einer Entfernung von ca. 20 km von der Anlage muss mit dem Überschreiten der Eingreifrichtwerte für Evakuierung und der Einnahme von Jodtabletten gerechnet werden.
- Bis zu einer Entfernung von 100 km können die Eingreifrichtwerte für „Aufenthalt in Gebäuden“ erreicht werden.

Messung der radioaktiven Belastung in der Nähe von Reaktor Nr. 4 des Kernkraftwerks Fukushima Daiichi am 6. März 2013, kurz vor dem zweiten Jahrestag der durch Tsunami und Erdbeben verursachten Atomkatastrophe.

Strahlenbelastung durch die Direktstrahlung radioaktiver Stoffe in der Luft und am Boden sowie durch die Inhalation von radioaktiven Stoffen für ein Fallbeispiel für das KKW Grohnde, mit Freisetzungsbeginn am 1. November 2011. Die roten Kreise mit Unterteilung in Sektoren kennzeichnen die bisherigen Notfallschutz-Planungszonen mit einem Radius von 25 km - äußerer Kreis, 10 km - mittlerer Kreis und 2 km - innerer Kreis.



Ergebnisse der Fallbeispiele für die Standorte Grohnde, Unterweser und Philippsburg und einer Freisetzung der höchsten Unfallkategorie INES 7; dargestellt ist für die ca. 1100 Fallbeispiele die maximale Entfernung, bis zu der in jedem einzelnen Fallbeispiel aufgrund der auftretenden Strahlenexposition evakuiert werden müsste (nach Entfernungen sortiert).



- Die Durchführung der Jobblockade für Kinder und Jugendliche sowie Schwangere kann in Entfernungen bis mindestens 200 km von der Anlage in Ausbreitungsrichtung notwendig werden.

Die genannten Ergebnisse des Bfs sind direkt in eine neue Empfehlung der SSK eingeflossen, die eine Ausweitung der bisherigen Planungszonen für den Notfallschutz in der Umgebung von Kernkraftwerken empfiehlt.

So sollen die Planungsradien wie folgt ausgedehnt werden:

- für Evakuierung von bisher 10 km auf 20 km Umkreis,
- für die Maßnahme „Verbleiben im Haus“ und die Verteilung von Jodtabletten an Kinder, Jugendliche und Erwachsene von 10 km bzw. 25 km auf 100 km,
- für die Verteilung von Jodtabletten an Kinder, Jugendliche und Schwangere von 100 km auf das gesamte Bundesgebiet.

Auch außerhalb der angegebenen Planungsradien können in seltenen Fällen Schutzmaßnahmen erforderlich werden, diese würden bei einem kerntechnischen Unfall nach Bedarf zusätzlich eingeleitet.

#### Bericht der UN-Kommission UNSCEAR

Im Auftrag der Vereinten Nationen trug eine Expertengruppe der zuständigen UN-Kommission

UNSCEAR (United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation) zwischen 2011 und 2013 alle verfügbaren und relevanten Informationen zusammen und überprüfte deren Qualität und Repräsentanz. Die Freisetzung von radioaktiven Stoffen und deren Ausbreitung in der Atmosphäre und im Ozean wurde rekonstruiert, darauf basierend wurde die Strahlenexposition der Bevölkerung, der Arbeiter und der Flora und Fauna berechnet sowie die resultierenden Gesundheitsfolgen für die Japaner und die Weltbevölkerung abgeschätzt. Der UNSCEAR-Expertengruppe gehörten über 80 Fachleute aus 18 Staaten, darunter vier BFS-Mitarbeiter an. Sie wurde von Dr. Wolfgang Weiss, dem ehemaligen Leiter des BFS-Fachbereichs „Strahlenschutz und Gesundheit“, geleitet. Der UNSCEAR-Bericht wurde am 2. April 2014 veröffentlicht [4].

Das BFS war an der Überprüfung der Daten, der Abschätzung der Freisetzung, der Ausbreitung und der Strahlenexposition der Bevölkerung beteiligt. Andere Untersuchungen, wie z. B. die Abschätzung der Strahlenexposition der KKW-Arbeiter, liefen ohne Beteiligung des BFS ab.

Laut diesem Bericht gab es aufgrund der bei dem Unfall freigesetzten radioaktiven Stoffe bisher keine statistisch nachweisbaren Erhöhungen von Krebsraten in der Bevölkerung. Auch für die Zukunft rechnet UNSCEAR nicht mit statistisch nachweisbaren Gesundheitsfolgen durch die bei dem Unfall freigesetzten radioaktiven Stoffe. Dies heißt, dass durch die freigesetzten radioaktiven Stoffe das Risiko, an Krebs zu erkranken, grundsätzlich erhöht ist. Der erwartete Anstieg ist aber so gering, dass er angesichts der Schwankungsbreite der ohnehin vorhandenen Rate an Krebserkrankungen in der Bevölkerung statistisch nicht nachweisbar sein wird. Bei Schilddrüsenkrebs von Kindern ist es allerdings möglich, dass zukünftig vermehrt Erkrankungen statistisch beobachtet werden können.

### Freisetzung von radioaktiven Stoffen und Ausbreitung in der Atmosphäre

Der Unfall in Fukushima Daiichi wurde in die höchste Kategorie der

internationalen INES-Skala eingestuft, der einzige andere Unfall in dieser Kategorie seit Einführung der Skala ist der Tschernobyl-Unfall. In beiden Fällen wurden große Mengen an radioaktiven Stoffen freigesetzt, insbesondere radioaktives Jod, radioaktives Caesium und radioaktive Edelgase. Nach UNSCEAR-Abschätzungen, die aus verschiedenen Gründen mit Unsicherheiten behaftet sind, wurden ca. 100 bis 500 Petabecquerel (PBq, 1PBq = 1 Billiarde Becquerel) von Jod-131 (I-131) und jeweils ca. 6 bis 20 PBq von Cäsium-134 (Cs-134) und Cäsium-137 (Cs-137) in die Atmosphäre freigesetzt. Dies entspricht ungefähr 10 % (I-131) bzw. 20 % (Cs-137) der beim Unfall in Tschernobyl freigesetzten Aktivitäten. Freisetzungen von anderen Radionukliden – insbesondere Strontium, Barium und Plutonium – lagen deutlich niedriger und tragen deshalb auch nur vernachlässigbar zur Strahlenexposition der Bevölkerung bei.

### Strahlenexposition der Bevölkerung

Rasches Evakuieren und Maßnahmen wie das Überwachen der radioaktiven Belastung von Nahrungsmitteln haben die Strahlenbelastung der Bevölkerung in hohem Maße reduziert. Zur Strahlenexposition durch den Unfall tragen insbesondere das kurzlebige Iod-131 (Halbwertszeit acht Tage) sowie die längerlebigen Radionuklide Cs-137 (Halbwertszeit 30 Jahre) und Cs-134 (zwei Jahre) bei. Die durch den Unfall verursachte zusätzliche Strahlendosis

ist laut UNSCEAR bei einem Großteil der japanischen Bevölkerung im ersten Jahr nach dem Unfall niedriger als die Strahlendosis aus natürlichen Quellen, die in Japan – wie auch in Deutschland – im Mittel etwa 2 mSv pro Jahr beträgt. Dies gilt auch für die Nachbarpräfekturen von Fukushima. In weiten Teilen der Präfektur Fukushima war die durch den Unfall verursachte Strahlendosis im ersten Jahr allerdings höher als die Strahlendosis aus natürlichen Quellen.

Für die Bevölkerung in der Präfektur Fukushima wurde eine Dosis im Bereich

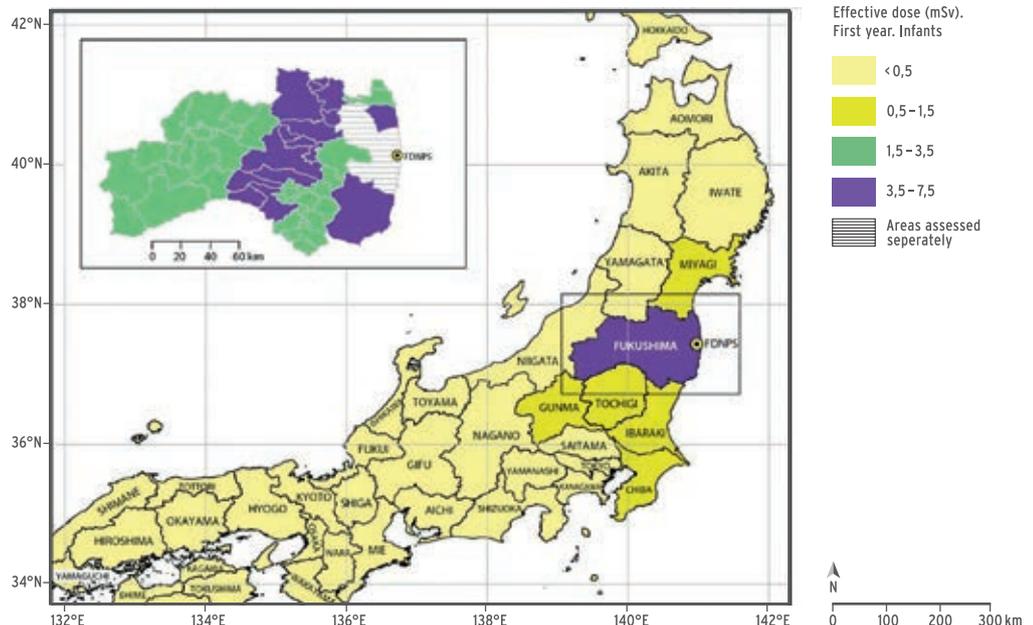
- zwischen 1 und 4 mSv im ersten Jahr für Erwachsene und
- 2 bis 8 mSv für Kleinkinder abgeschätzt.

Für die evakuierte Bevölkerung aus den am höchsten belasteten Gebieten in Fukushima wurde für das erste Jahr eine zusätzliche, durch den Reaktorunfall von Fukushima verursachte Dosis von

- bis zu 10 mSv für Erwachsene und
- bis zu 13 mSv für Kleinkinder ermittelt (s. Abb. unten).

In den folgenden Jahren fällt die unfallbedingte Dosis rapide ab. Es wird von einer Dosis über die gesamte Lebenszeit ausgegangen, die etwa doppelt so hoch sein wird wie die Dosis im ersten Jahr. Alle genannten Dosisabschätzungen unterliegen allerdings beträchtlichen Unsicherheiten,

Abschätzung der effektiven Dosis für Kleinkinder in Japan im ersten Jahr nach dem Unfall in Fukushima Daiichi (Quelle: UNSCEAR 2013 Report, Volume I, Report to the General Assembly, Scientific Annex A: Levels and effects of radiation exposure due to the nuclear accident after the 2011 great east-Japan earthquake and tsunami). Die graue Fläche markiert die Evakuierungszonen, in denen für eine Vielzahl von Evakuierungsszenarien die Einzeldosen separat ermittelt wurden.



zum Beispiel aufgrund der Unsicherheiten über die Freisetzungen bei dem Unfall, über die Wetterbedingungen nach dem Unfall oder über die vorgenommenen Evakuierungen. Die Dosen für Einzelpersonen können deutlich um die hier angegeben mittleren Werte schwanken, beeinflusst z. B. durch den jeweiligen Aufenthaltsort und die Verweilzeiten an bestimmten Orten oder die spezifischen Lebens- und Verzehrgeohnheiten.

### Strahlenexposition der Arbeiter

Bis Ende Oktober 2012 waren etwa 24.500 Arbeiter am Kernkraftwerk Fukushima Daiichi eingesetzt worden. Die Strahlenbelastungen der Arbeiter wurden von einer UNSCEAR-Expertengruppe unter Leitung des französischen Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire (IRSN) untersucht. Das BfS war an diesen Untersuchungen nicht beteiligt. Die als Basis für diese Untersuchungen verwendeten und vom Betreiber Tepco gemachten Angaben zu den Dosiswerten der Arbeiter sind mit beträchtlichen Unsicherheiten behaftet. Messungen von Dritten stehen nicht zur Verfügung. Zudem gibt es Hinweise dafür, dass gerade in der Anfangszeit nicht alle Arbeiter mit den notwendigen Personendosimetern ausgerüstet waren. Nach diesen Angaben sind nur bei einer relativ geringen Anzahl von Arbeitern höhere Dosen als 100 mSv erreicht worden. Akute Strahlenschäden, die bei hohen Strahlendosen als Strahlenkrankheit auftreten können

und sich anfangs zum Beispiel in Übelkeit und Kopfschmerzen äußern, sind bei keinem der eingesetzten Arbeiter beobachtet worden. In Tschernobyl dagegen traten laut UNSCEAR 134 Fälle von Strahlenkrankheit bei Arbeitern auf, 28 endeten tödlich.

### Erste Abschätzung der gesundheitlichen Folgen der Katastrophe im Kernkraftwerk Fukushima durch die WHO

Eine weitere Expertengruppe befasste sich mit einer vorläufigen Abschätzung der aus der ermittelten Strahlenbelastung resultierenden Strahlenrisiken. Im Februar 2013 veröffentlichte die WHO einen auf den Empfehlungen dieser Expertengruppe basierenden Bericht [5]. Er stellt den ersten internationalen Versuch dar, die gesundheitlichen Folgen des Unfalls auf globaler Ebene abzuschätzen. Ziel ist es, Behörden und Entscheidungsträger aus dem Gesundheitswesen auf nationaler und internationaler Ebene bei der Auswahl geeigneter Maßnahmen und der Setzung von Prioritäten zu unterstützen. Bei der Risikoabschätzung für die Allgemeinbevölkerung wurden vier verschiedene Gruppen berücksichtigt, die sich hinsichtlich der ermittelten effektiven Strahlendosis (siehe Infokasten S. 35 oben) unterscheiden:

- Gruppe 1 – die zwei am stärksten betroffenen Ortschaften in der Präfektur Fukushima (effektive Strahlendosis zwischen 12 mSv und 25 mSv).

- Gruppe 2 – einzelne weniger stark betroffene Ortschaften in der Präfektur Fukushima (effektive Strahlendosis zwischen 3 mSv und 5 mSv).
- Gruppe 3 – der Rest von Japan, einschließlich der geringer betroffenen Ortschaften in der Präfektur Fukushima (effektive Strahlendosis etwa 1 mSv).
- Gruppe 4 – Japans Nachbarländer und der Rest der Welt (effektive Strahlendosis unter 1 mSv).

### Welche Risiken wurden untersucht?

Für die Beschreibung der möglichen gesundheitlichen Folgen wurde von der Expertengruppe das so genannte „lifetime attributable risk“ verwendet. Darunter versteht man in diesem Zusammenhang die Wahrscheinlichkeit, dass eine Person bis zum Alter von 89 Jahren aufgrund der Strahlenbelastung durch das Unglück an Krebs erkrankt. Betrachtet wird dabei eine hinsichtlich Gewohnheiten, Anfälligkeit für Krankheiten, Strahlenempfindlichkeit und anderen Faktoren „durchschnittliche Person der Bevölkerung“ und zwar in drei Altersstufen: (1) Säuglinge, d. h. Kinder, die zur Zeit des Unfalls weniger als 1 Jahr alt waren, (2) Kinder mit einem Alter von 10 Jahren und (3) Erwachsene mit einem Alter von 20 Jahren zum Zeitpunkt des Unfalls. Hinsichtlich bösartiger Erkrankungen wurden die Risiken für Leukämie und Krebs insgesamt sowie Brustkrebs bei Frauen und Schilddrüsenkrebs bestimmt. Diese Risiken wurden in Bezug gesetzt

Odaka, 11. März 2013 etwa zwanzig Kilometer von Fukushima im Nordosten von Japan: In der Stadt am Rande der Evakuierungszone scheint die Zeit stehen geblieben zu sein.



© JEAN-PATRICK DI SILVESTRO/CORBIS

## Effektive Strahlendosis:

Beim Konzept der „effektiven Strahlendosis“ wird folgenden Aspekten der Wirkung ionisierender Strahlung auf das Gewebe des menschlichen Körpers Rechnung getragen:

- 1 Verschiedene Arten von ionisierender Strahlung schädigen das Gewebe in unterschiedlichem Ausmaß.
- 2 Die verschiedenen Arten von Gewebe reagieren unterschiedlich empfindlich auf ionisierende Strahlung.
- 3 Werden radioaktive Substanzen in den Körper, z. B. durch Einatmen oder Verschlucken, aufgenommen, so wirken diese sich solange auf das Gewebe aus, bis sie ausgeschieden wurden oder durch radioaktiven Zerfall verschwunden sind.

Das heißt, bei der effektiven Strahlendosis wird berücksichtigt, welche Art von Strahlung die Dosis verursacht hat und es werden Dosen für die einzelnen Organe entsprechend ihrer Empfindlichkeit bestimmt und diese aufsummiert.

zur Häufigkeit der „spontan“ – also ohne zusätzliche Strahlenbelastung – auftretenden Erkrankungen. Hierfür wurde auch das Risiko vergleichbarer Bevölkerungsgruppen abgeschätzt, im Laufe des Lebens ohne zusätzliche Strahlenbelastung an Krebs zu erkranken. Derartige Risikoabschätzungen sind sehr komplex. Nicht alle hierfür notwendigen Informationen sind bekannt und mussten daher auf Basis von Annahmen abgeschätzt werden. In der Kürze der Zeit war es nicht möglich, sämtliche daraus resultierenden Unsicherheiten zu berücksichtigen. Daher kann zurzeit noch nicht abschließend beurteilt werden, ob alle abgeschätzten Risikoerhöhungen für stochastische Effekte tatsächlich zu beobachten sein werden.

### Zusammenfassung der Hauptergebnisse und Schlussfolgerungen

Die wichtigsten Ergebnisse des WHO-Berichts zum Risiko für die Bevölkerung lassen sich folgendermaßen zusammenfassen: Die abgeschätzten Strahlendosen liegen in einem Bereich, bei dem für keine der betrachteten Bevölkerungsgruppen deterministische Strahlenwirkungen (siehe Infokasten rechts), also zum Beispiel Blutarmut, zu erwarten sind. Schwerwiegender als die Strahlenschäden sind womöglich die seelische Belastung und die sozialen Probleme. Depressionen, Suizide, Stigmatisierung und Suchter-

krankungen können die Folge sein. Die abgeschätzte Strahlenbelastung für ein Kind im Mutterleib lag in einer Höhe, bei der nach dem Stand des Wissens nicht mit einer Zunahme von Fehlgeburten oder angeborenen Fehlbildungen, einer Erhöhung der Säuglingssterblichkeit, Entwicklungsverzögerungen oder kognitiven Beeinträchtigungen zu rechnen ist. Für alle betrachteten Arten von bösartigen Erkrankungen (Krebs oder Leukämie) ist das der Strahlenexposition zurechenbare Lebenszeitrisko am höchsten für Säuglinge, d. h. Kinder, die zum Zeitpunkt des Unfalls jünger als ein Jahr waren und die sich in den am stärksten betroffenen Ortschaften der Präfektur Fukushima (Gruppe 1) befanden. Unterteilt in vier Untergruppen von Krebserkrankungen ergeben sich für Säuglinge folgende Risikoabschätzungen. Angegeben ist jeweils das Lebenszeitrisko, d. h. die zusätzlich erwarteten Erkrankungen bis zum 89. Lebensjahr:

1. Pro 10.000 männliche Säuglinge sind 4 zusätzliche Leukämieerkrankungen zu erwarten, was einem Anstieg von 7 % im Vergleich zum Erkrankungsrisiko ohne Strahlenbelastung entspricht. Für weibliche Säuglinge ist das Leukämierisiko niedriger.
2. Pro 10.000 weibliche Säuglinge sind 110 zusätzliche solide Krebserkrankungen insgesamt zu erwarten. Das sind 4 % mehr als spontan – ohne Strahlung – zu erwarten wären. Für männliche Säuglinge ist das Risiko für solide Krebserkrankungen niedriger.
3. Pro 10.000 weibliche Säuglinge ist mit 52 strahlenbedingten Schilddrüsenkrebserkrankungen zu rechnen. Da die Wahrscheinlichkeit, an Schilddrüsenkrebs zu erkranken, ohne Strahlenbelastung in der Allgemeinbevölkerung sehr gering ist, entspricht dies einem Anstieg von 68 % im Vergleich zum Hintergrundrisiko.
4. Pro 10.000 weibliche Säuglinge sind 36 strahlenbedingte Brustkrebserkrankungen zu erwarten. Das sind 6 % mehr als spontan zu erwarten sind. Für die weniger stark betroffenen Ortschaften der Präfektur Fukushima (Gruppe 2) betragen die Risiken höchstens ein Drittel der Risiken für

die stärker belasteten Ortschaften (Gruppe 1). Für den größten Teil Japans (Gruppe 3) und die restliche Welt (Gruppe 4) werden in dem Bericht keine Risikoschätzer angegeben. Grund dafür ist, dass das strahlenbedingte zusätzliche Risiko für diese Gebiete als deutlich geringer eingeschätzt wird als die Schwankungsbreite der Hintergrundkrebsraten ohne Strahlenbelastung. Liegen mögliche zusätzliche Erkrankungen im Schwankungsbereich der spontan auftretenden Erkrankungen, so sind nach Auffassung der meisten Experten medizinische Maßnahmen in diesen Gebieten nicht erforderlich. In den am stärksten betroffenen Gebieten Japans ist das Lebenszeitrisko für bestimmte bösartige Erkrankungen in bestimmten Altersgruppen im Vergleich zum Spontanrisiko erhöht. Jedoch wird es hier schwierig sein, diesen abgeschätzten Anstieg des Erkrankungsrisikos, der auf die Strahlung zurückzuführen ist, auch tatsächlich nachzuweisen. Zur Überwachung der Gesundheitsfolgen des Unfalls führt die Präfektur Fukushima eine Langzeit-Gesundheitsüberwachung der gesamten Bevölkerung durch. Die abgeschätzten Risiken liefern wertvolle Informationen für die Prioritätensetzung bei diesem Gesundheitsmonitoring. Im Rahmen dieses Programms wurden bereits 360.000 Kinder und Jugendliche mit Ultraschall auf Schilddrüsenkrankungen untersucht. Zusätzliche Studien zur Risikoabschätzung durch UNSCEAR oder andere Institutionen können möglicherweise zu einer genaueren Beschreibung der Gesundheitsrisiken beitragen.

Üblicherweise werden die gesundheitlichen Wirkungen von Strahlung in „deterministische“ und „stochastische“ Effekte eingeteilt.

In die Kategorie „deterministische Effekte“ fallen Schädigungen des Gewebes, deren Schweregrad bei Überschreiten einer gewissen Mindestdosis mit dem Ausmaß der Strahlenbelastung zunimmt. Solche akuten Strahlenwirkungen sind zum Beispiel Übelkeit und Blutarmut.

Krebserkrankungen und Schädigung des Erbmateri- als gehören zur Kategorie „stochastische Effekte“. Hier steigt mit der Dosis die Wahrscheinlichkeit des Auftretens an, das heißt, dass zum Beispiel das Risiko, an Krebs zu erkranken, mit der Höhe der Strahlenbelastung zunimmt.

---

# Das Standortauswahlgesetz – ein Neubeginn bei der Suche nach einem Endlagerstandort für Wärme entwickelnde radioaktive Abfälle in Deutschland



---

## **The Law Concerning the Selection of a Repository Site – Restarting the Search for a Repository Site for Heat-generating Radioactive Waste**

*In July 2013 the German Bundestag and the German Bundesrat adopted the Act Governing the Selection of Repository Site for High-Level Radioactive Waste (StandAG). The StandAG marks a new starting point for an open-ended search for a repository site which emphasises the information and participation of civil society stakeholders. By the end of 2015 a commission will have re-evaluated the site selection process and drawn up proposals concerning safety criteria for the disposal of high-level radioactive waste and geological site selection criteria and site exclusion criteria. The Federal Office for Radiation Protection will act as implementer and the newly established Federal Office for Nuclear Waste Management will act as regulator. According to the StandAG the German Bundestag will decide on the major steps of the site selection procedure by passing respective acts.*

**Fachliche Ansprechpartner/in:**  
**Matthias Beushausen (03018 333-1820)**  
**Wilhelm Hund (03018 333-1800)**  
**Nicole Schubarth-Engelschall**  
**(03018 333-1950)**

### **Das Standortauswahlverfahren**

Um die Suche nach einem Endlager für hochradioaktiven Abfall auf eine breite politisch und gesellschaftliche getragene Basis zu stellen, haben Bundestag und Bundesrat das Gesetz zur Suche und Auswahl eines Standortes für ein Endlager für Wärme entwickelnde radioaktive Abfälle und zur Änderung anderer Gesetze (Standortauswahlgesetz – StandAG) verabschiedet. Es ist am 27. Juli 2013 in Kraft getreten.

Mit Inkrafttreten des Standortauswahlgesetzes wurden die Erkundungsarbeiten im Salzstock Gorleben beendet. Das Bergwerk ist solange offen zu halten, wie der Standort Gorleben nicht im Standortauswahlverfahren ausgeschlossen wird.

Ziel des Standortauswahlverfahrens ist es, in einem wissenschaftsbasierten und transparenten Verfahren einen Standort für ein geologisches Endlager für insbesondere hochradioaktive Abfälle zu finden. Dieser soll die bestmögliche Sicherheit für einen Zeitraum von einer Million Jahren gewährleisten. Die Öffentlichkeit soll in allen Phasen des Verfahrens umfassend informiert und beteiligt werden, damit von Anfang an für alle Betroffenen eine Transparenz und Nachvollziehbarkeit des Verfahrens und der im Verfahren getroffenen Entscheidungen gegeben ist. Die wesentlichen Entscheidungen werden abschließend durch Bundesgesetze festgelegt und damit entsprechend demokratisch legitimiert. Die Kosten für die Umsetzung des Standortauswahlverfahrens werden auf die Abfallverursacher umgelegt (Verursacherprinzip).

Der vorgesehene Ablauf ist in der Grafik auf der nachfolgenden Doppelseite schematisch dargestellt.

### **Erfahrungen des BfS aus bestehenden Endlagerprojekten für das Standortauswahlverfahren**

Das festgelegte Standortauswahlverfahren nach StandAG setzt seit Jahren vorgebrachte Forderungen des BfS um: die Erkundung alternativer Standorte sowie ein transparentes Verfahren, basierend auf vorher festgelegten wissenschaftlichen Suchkriterien. Das im StandAG vorgegebene Ziel einer Standortentscheidung bis zum Jahr 2031 ist vor dem Hintergrund der Erfahrungen des BfS zu Endlagerprojekten in Deutschland nicht realistisch. Das StandAG führt neue, zeitaufwändige Elemente der Beteiligung ein, zu denen noch keine Erfahrungswerte vorliegen. Für die Erarbeitung gleichwertiger Kenntnisstände in Betracht kommender Standortregionen und Standorte für ein belastbares Vergleichsverfahren besteht großer Zeitbedarf. Zudem sind die Elemente der Beteiligung und deren Verknüpfung mit dem Suchverfahren noch nicht präzisiert und damit zeitlich nicht kalkulierbar. Vor diesem Hintergrund ist der Zeitbedarf für das Gesamtverfahren bis zu einer Festlegung eines Standortes im Vorfeld schwer abzuschätzen. Hieraus ergibt sich ggf. auch ein Überprüfungsbedarf hinsichtlich der Genehmigungsdauern der bestehenden Zwischenlager.

Die Erfahrungen des BfS, insbesondere auch zu den jüngsten Entwicklungen im Zusammenhang mit der Schachtanlage Asse II, zeigen, dass für die Glaubwürdigkeit und das Vertrauen in ein neu entwickeltes Standortauswahlverfahren sowie für die Akzeptanz der dabei zu treffenden Entscheidungen eine umfassende Information der Öffentlichkeit zwingende Grundvoraussetzung ist. Damit ist auch eine offene und transparente Beteiligung der betroffenen Bürger verbunden – von Beginn des Prozesses an. Hierzu ist eine offene und umfassende Information und faire Partizipation auf Augenhöhe erforderlich. Die Komplexität und fachliche Diversität der entsorgungsrelevanten Sachverhalte kann betroffene Bürger überfordern. Im Sinne einer besseren Transparenz und Vertrauensbasis sollten den Betroffe-

nen wissenschaftliche Sachverständige ihres Vertrauens zur Unterstützung gestellt werden. Die Rückflüsse aus der Bürgerbeteiligung müssen nachvollziehbar für das weitere Verfahren Berücksichtigung finden. Proaktive und offene Information sowie eine faire und nachvollziehbare Partizipation können einen bedeutenden Beitrag für eine Vertrauensbasis für das Standortauswahlverfahren leisten.

### **Akteure im Standortauswahlverfahren und ihre Aufgaben**

Die Vorbereitung des Standortauswahlverfahrens erfolgt durch eine beim Unterausschuss des Deutschen Bundestages angesiedelte pluralistisch besetzte „Kommission Lagerung hochradioaktiver Abfallstoffe“, bestehend aus 33 Mitgliedern. Bei den öffentlich stattfindenden Tagungen wird die Kommission u. a. der Frage nachgehen, ob anstelle einer unverzüglichen Endlagerung hochradioaktiver Abfälle in tiefen geologischen Formationen andere Möglichkeiten für eine geordnete Entsorgung wissenschaftlich untersucht werden sollen. Darüber hinaus wird die Kommission Entscheidungsgrundlagen für das Auswahlverfahren, Kriterien für Korrekturmöglichkeiten (z. B. Rückholung), Anforderungen an die Organisation und die Durchführung des Auswahlprozesses sowie die Beteiligung und Information der Öffentlichkeit erarbeiten.

Bis Ende des Jahres 2015 soll die Kommission ihren Abschlussbericht mit Handlungsempfehlungen vorlegen. Wenn erforderlich, kann die Arbeit der Kommission um ein halbes Jahr verlängert werden.

Nach Abschluss der Arbeit der Kommission und der Evaluierung des Gesetzes wird ein pluralistisch zusammengesetztes, gesellschaftliches, nationales Begleitgremium eingerichtet. Ein weiterer wesentlicher Akteur neben dem Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) als Vorhabenträger ist das neu zu errichtende Bundesamt für kerntechnische Entsorgung (BfE) als Verfahrensführer.

Das BfE soll nach dem Standortauswahlgesetz das Standortauswahlverfahren steuern und legt die Erkundungsprogramme sowie die standortbezogenen Prüfkriterien auf Basis der BfS-Vorschläge fest. Auf der Grundlage der Vorschläge und Bewertungen des BfS erarbeitet das BfE Vorschläge für die Standortentscheidungen, die nach Prüfung durch das BMUB dem deutschen Bundestag zur Entscheidung vorgelegt werden. Das BfE nimmt Aufgaben der Behördenbeteiligung und der Öffentlichkeitsbeteiligung wahr. Die entsprechenden Stellungnahmen werden vom BfE und vom BfS ausgewertet und im Rahmen der Öffentlichkeitsbeteiligung erörtert. Das Ergebnis der Auswertungen ist bei den weiteren Verfahrensschritten zu berücksichtigen.

## Rolle des BfS bei der Endlagersuche

In seiner Rolle als Vorhabenträger wird das BfS unter Anwendung der festgelegten Kriterien, Mindestanforderungen und weiterer Entscheidungsgrundlagen sowie unter Berücksichtigung sonstiger öffentlicher Belange die in Deutschland vorhandenen Wirtsgesteinsvorkommen in Hinblick auf in Betracht kommende Standortregionen bewerten.

Das BfS ist zudem dafür zuständig, standortbezogene Erkundungsprogramme und Prüfkriterien zu entwickeln. Es führt Erkundungen an festgelegten Standortregionen bzw. Standorten durch, bewertet die Erkundungsergebnisse und erstellt die jeweiligen vorläufigen Sicherheitsanalysen auf der Grundlage der Erkundungsergebnisse und der Endlagerkonzeptplanungen.

Zum Abschluss des Standortauswahlverfahrens macht das BfS auf Grundlage der geowissenschaftlichen Erkundungsergebnisse und der Sicherheitsbewertungen einen Vorschlag für eine Standortentscheidung.

### Beteiligung der Öffentlichkeit im Standortauswahlverfahren

Das StandAG fordert vom BfS als auch vom BfE eine aktive Öffentlichkeitsarbeit und die Beteiligung bzw. Information der Öffentlichkeit in einem dialogorientierten Prozess von Beginn an für sämtliche Phasen des Standortauswahlverfahrens. Bereits in der Vorbereitungsphase hat die

Kommission für eine umfassende Information und Beteiligung der Öffentlichkeit Sorge zu tragen. Während des Standortauswahlverfahrens sind dies gleichermaßen Aufgaben des BfE als Verfahrensführer und des BfS als Vorhabenträger.

Das StandAG regelt im Standortauswahlverfahren, zu welchen Meilensteinen die Öffentlichkeit zu beteiligen

## Das Standortauswahlverfahren lässt sich grundsätzlich in 10 Schritte unterteilen:



1

Vorbereitung des Standortauswahlverfahrens durch eine „Kommission Lagerung hochradioaktiver Abfallstoffe“



2

Evaluierung des StandAG auf der Grundlage des Berichts der Kommission



3

Ermittlung in Betracht kommender Standortregionen und Auswahl für die übertägige Erkundung



4

Entscheidung über die übertägige Erkundung



5

Festlegung von standortbezogenen Erkundungsprogrammen und Prüfkriterien

ist und welche Beteiligungsformen mindestens anzuwenden sind. Dabei muss der Öffentlichkeit Gelegenheit zu Stellungnahmen gegeben werden, die wiederum von BfE und BfS ausgewertet werden und für die weiteren Arbeiten zu berücksichtigen sind. Es sollen für die Beteiligten – über die gesetzlich geregelten Mindestanforderungen hinaus – weitere Beteiligungsformen entwickelt und angeboten werden. Die Beteiligungsformen sind regelmäßig hinsichtlich ihrer Eignung und Angemessenheit zu überprüfen.



Gesteinsarten / -formationen  
Granit | Salz | Ton

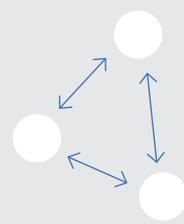
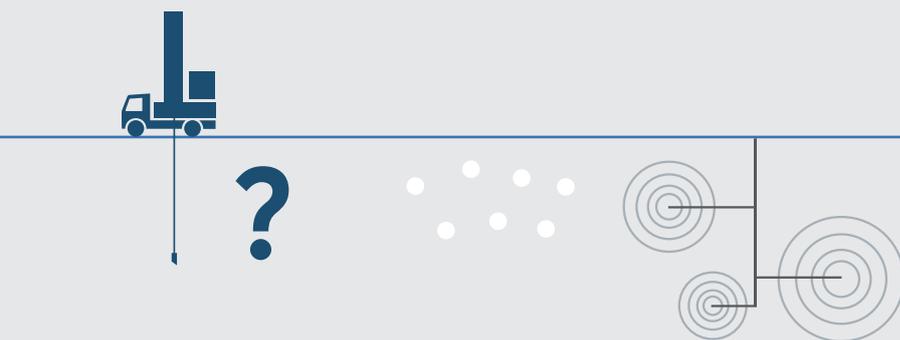
### Endlagersuche in verschiedenen Wirtsgesteinen

Gemäß StandAG kommen als mögliche Wirtsgesteine für die geologische Endlagerung hochradioaktiver Abfälle grundsätzlich Kristallin (z. B. Granit), Salz und Ton in Betracht. Die von der Kommission zu erarbeitenden Kriterien und Anforderungen bilden die Grundlage für die Ermittlung möglicher Standortregionen und Standorte für die Erkundung.

Die unterschiedlichen Wirtsgesteine erfordern aufgrund ihrer unterschiedlichen Eigenschaften die Entwicklung wirtsgesteinspezifischer Endlager-

konzepte sowie Sicherheitsnachweisstrategien sowohl für die Betriebs- wie auch für die Nachbetriebsphase. Auch Vorkehrungen zur Rückholbarkeit oder Bergung von Abfällen erfordern unterschiedliche, auf das Wirtsgestein abgestimmte Planungen und Auslegungen eines Endlagers. Ein Vergleich der verschiedenen potenziellen Wirtsgesteine Salz, Ton und Kristallin ist nur im Vergleich konkreter Standorte und Endlagerkonzepte möglich.

Des Weiteren sind auch bei gleichem Wirtsgesteinstyp die standortspezifischen Gegebenheiten ausschlaggebend für die Eignung eines Standortes.



6

Übertägige Erkundung und Vorschlag für die untertägige Erkundung

7

Auswahl und Entscheidung für die untertägige Erkundung

8

Vertiefte geologische Erkundung

9

Abschließender Standortvergleich und Standortvorschlag

10

Standortentscheidung und Abschluss des Standortauswahlverfahrens

# Das Bundesamt für Strahlenschutz als Partner in europaweiten Netzwerken

## The Federal Office for Radiation Protection as Partner in Europe-wide Networks

*In all fields of radiation protection research, e. g. effects from low-dose exposures, radioecology, emergency preparedness incl. biological dosimetry, and education and training, international networks are absolutely necessary. This is due to not only scarce resources, but also to complex questions that can only be answered in the frame of international cooperation. Accordingly, the Federal Office for Radiation Protection (BfS) is involved in a number of these networks.*

**Ansprechpartner:**  
**Bernd Grosche (03018 333-2200)**

## Forschungsprogramm des BfS für die Jahre 2013-2017

Grundlage der Forschungsaktivitäten des BfS ist das Forschungsprogramm Strahlenschutz 2013 bis 2017 des BfS [1]. Dieses beschreibt die Forschungsfragen und Entwicklungsprojekte, die das BfS zur sachgerechten und effektiven Aufgabenwahrnehmung im Bereich des Strahlenschutzes vorrangig bearbeiten und untersuchen wird. Es basiert auf den Erkenntnissen aus dem Austausch und der Vernetzung mit nationalen und internationalen wissenschaftlichen Forschungsplattformen, Arbeitsgruppen und Gremien. Die Themen des vorliegenden Forschungsprogramms des BfS wurden in die europäische Diskussion eingebracht, wie auch umgekehrt wichtige Impulse aufgenommen wurden.

Im Folgenden wird auf einige der europäischen Forschungsnetzwerke, an denen das BfS beteiligt ist, näher eingegangen.

## Europaweite Forschungsnetzwerke

Viele Fragen im Strahlenschutz können nur im Rahmen internationaler Netzwerke erfolgreich bearbeitet werden. Dies gilt für die wichtigen Felder der Strahlenschutzforschung wie gesundheitliche Effekte nach Exposition mit niedrigen Dosen ionisierender Strahlung, Radioökologie, Notfallschutz einschließlich biologischer Dosimetrie, aber auch für Probleme des praktischen Strahlenschutzes, z. B. in der Medizin, sowie für Ausbildung und Training. Die zu beantwortenden Fragen werden immer komplexer und können – auch wegen knapper werdender finanzieller und personeller Ressourcen – zum Teil nur im Rahmen internationaler Kooperationen beantwortet werden. Entsprechend ist das BfS in viele internationale Netzwerke eingebunden.

Das Forschungsrahmenprogramm der Europäischen Atomgemeinschaft (Euratom) trägt entscheidend dazu bei, zahlreiche Kooperationen im Rahmen konkreter und gezielter Projekte im Nuklearbereich zu initiieren und weiter zu führen.

Besonders hervorzuheben sind die europäischen Exzellenznetze (Networks of Excellence, NoE), die die Schaffung von Grundlagen für eine dauerhaft angelegte Kooperation auf der Basis einer förmlichen Verpflichtung aller Projektpartner zur Integration ihrer Ressourcen in ein gemeinsames Projekt unterstützen.

Das Bundesamt für Strahlenschutz hat sich mit renommierten europäischen Partnern – nationalen Strahlenschutzbehörden, Großforschungseinrichtungen und Universitäten – zu Exzellenznetzwerken im Niedrigdosisbereich, im Bereich Radioökologie und im Bereich des Notfallschutzes zusammengeschlossen:

- DoReMi (Low Dose Research towards Multidisciplinary Integration [2]).
- STAR (Strategy for Allied Radioecology [3]).
- NERIS-TP (Towards a self sustaining European Technology Platform on Preparedness for Nuclear and Radiological Emergency Response and Recovery [4]).

Allen drei Projekten ist gemeinsam, dass sie zur Entwicklung einer besseren Vernetzung der europäischen Aktivitäten im Strahlenschutz beitragen sollen.

### Wirkung niedriger Dosen – DoReMi

Bis heute bestehen Unsicherheiten in der Bewertung des Risikos niedriger Strahlendosen für Krebs und Nicht-Krebs-Erkrankungen. Um diese Erkenntnislücken zu schließen, bedarf es fachübergreifender wissenschaftlicher Untersuchungen sowie einer nachhaltigen Verankerung der Forschung im niedrigen Dosisbereich in Europa. Dies umfasst sowohl die Identifizierung und Initiierung von wissenschaftlichen Forschungsprojekten als auch die Sicherstellung der notwendigen Infrastruktur und des Kompetenzerhaltes in nachfolgenden Generationen. Ziel von DoReMi ist entsprechend die Entwicklung von Forschungsstrategien, mit deren Hilfe grundsätzliche Fragen der Strahlenforschung effektiv untersucht werden können. Für den Strahlenschutz ist dies von grundlegender Bedeutung, da alle Bevölkerungsgruppen im privaten Umfeld und zum Teil zusätzlich im Beruf oder in der Medizin geringer Strahlung ausgesetzt sind. DoReMi startete Anfang 2010 mit 12 Kernor-

ganisationen, darunter dem BfS, und wuchs bis Anfang 2013 auf 32 Partner aus Europa und Japan an. Das Projekt hat eine Laufzeit von 6 Jahren. Im Rahmen von DoReMi wird von der EU auch eine Strategie zur gezielten Förderung der Aus- und Weiterbildung entwickelt und unterstützt. In diesem Zusammenhang wird seit 2011 am BfS jährlich ein 14-tägiger Trainingskurs „InterRad – Interdisciplinary Radiation Research“ („interdisziplinäre Strahlenforschung“) – durchgeführt. Ziel des Kurses ist es, grundlegendes Wissen und Methoden der Strahlenphysik, Strahlenbiologie und Strahlenepidemiologie zu vermitteln, um so das gegenseitige Verständnis zwischen den Disziplinen zu fördern und die Zusammenarbeit zu erleichtern.

### Radioökologie – STAR und COMET

Im Juni 2009 vereinbarten das Bundesamt für Strahlenschutz und sieben weitere europäische Organisationen, bei der Forschung im Bereich Radioökologie enger zusammenzuarbeiten und gründeten die European Radioecology Alliance. Vorrangiges Ziel ist es, die Forschungs- und Entwicklungsprogramme auf nationaler und internationaler Ebene enger miteinander zu verzahnen und aufeinander abzustimmen. Die praktische Umsetzung dieses Leitgedankens begann im Rahmen des von der EU geförderten Exzellenznetzwerks STAR. Ziel des bis Juli 2015 laufenden Projekts ist die Vernetzung der europäischen Spitzenforschung im Bereich Radioökologie. Schwerpunkte sind die Erarbeitung einer langfristig angelegten Forschungsstrategie auf europäischer Ebene, die gemeinsame Nutzung der Forschungsinfrastruktur, ein modernes Wissensmanagement mithilfe webbasierter Techniken sowie der Austausch wissenschaftlichen Personals. Die internationale Vernetzung der radioökologischen Forschung wird im EU-Projekt COMET seit Juni 2013 weiter vorangetrieben. Mit einem erweiterten Konsortium von 13 Partnern aus 10 europäischen Ländern und Japan wird ein Fahrplan entwickelt, wie die in der Forschungsstrategie priorisierten Ziele effizient erreicht werden können. Insgesamt schaffen die beiden Projekte STAR und COMET die Grundlage, um die internationale Forschung im Bereich Radioökologie nachhaltig zu vernetzen und die European Radioecology Alliance als internationale Forschungsplattform weiter auszubauen. Dies ist ein Meilenstein, um die radioökologische Forschung effizienter zu gestalten und dem drohenden Kompetenzverlust im Bereich Radioökologie wirksam zu begegnen.



Logos der Netzwerke

### Notfallschutz – NERIS-TP und PREPARE

NERIS-TP hat die Fortsetzung der guten Zusammenarbeit von europäischen Behörden und Organisationen auf dem Gebiet des kerntechnischen Notfallschutzes zum Ziel, indem eine europäische Plattform zur Zusammenarbeit etabliert wird. Im Rahmen dieser Plattform wird ein enger Austausch von Organisationen, Behörden und Stakeholdern angestrebt, um alle für den kerntechnischen Notfallschutz relevanten Themen zu diskutieren. Außerdem sollen einige aktuelle Fragestellungen im kerntechnischen Notfallschutz geklärt werden, so zum Beispiel die Entwicklung von Computermodellen zur Dosisabschätzung. Weiterhin sollen auch europäische Entscheidungshilfesysteme verbessert werden, indem diese mit Notfall-Informationssystemen wie dem europäischen ECURIE-System (European Community Urgent Radiological Information Exchange) gekoppelt werden, um im Ereignisfall möglichst schnell und zuverlässig zu ersten Abschätzungen von betroffenen Gebieten und resultierenden Strahlenexpositionen der Bevölkerung zu kommen. Das Projekt begann 2011 und war geplant bis Anfang 2014.

Im EU-Forschungsvorhaben PREPARE (Innovative integrated tools and platforms for radiological emergency preparedness and post-accident response in Europe [5]) sollen ab Anfang 2013 Lücken im kerntechnischen und radiologischen Notfallschutz in Europa geschlossen werden, die nach dem Unfall in Fukushima identifiziert wurden. In einem Teilprojekt soll un-

ter Federführung des BfS untersucht werden, ob die gegenwärtigen Notfallschutz-Konzepte in verschiedenen europäischen Ländern für eine lang andauernde, schwere Freisetzung ähnlich dem Unfall in Fukushima Daichi ausreichend sind. Es sollen gemeinsame Schlussfolgerungen gezogen und möglicher Verbesserungsbedarf länderübergreifend identifiziert werden.

### Die Wissenschaftsplattformen MELODI, ALLIANCE, NERIS und EURADOS

Die oben genannten Exzellenznetzwerke unterstützen die Formulierung langfristiger interdisziplinärer Forschungsstrategien (SRA, Strategic Research Agenda), die in den entsprechenden Forschungsplattformen MELODI (Multidisciplinary European Low Dose Initiative [6]), ALLIANCE (European Radioecology Alliance [7]), NERIS (European Platform on Preparedness for Nuclear and Radiological Emergency Response and Recovery [8]) und im Bereich der Dosimetrie in EURADOS (European Radiation Dosimetry Group [9]) weiterentwickelt und implementiert werden. Ziel dieser Plattformen ist es, über Ländergrenzen hinweg strategische Forschungsprogramme zu entwickeln, Forschungsprioritäten zu benennen und Ressourcen zu bündeln. In der Perspektive sollen diese Plattformen unter einer Schirmorganisation zusammengefasst werden mit dem Ziel, ein europäisches Strahlenschutzforschungsprogramm mit gemeinsamer Prioritätensetzung zu erarbeiten. An diesen Plattformentwicklungen nimmt das BfS an zentraler Stelle teil, bei MELODI und NERIS stellt das BfS jeweils den Vizepräsidenten.

### Das Vorhaben OPERRA

Das neue Vorhaben OPERRA (Open Project for European Radiation Research Area [10]) dient der Integration der verschiedenen Bereiche der Strahlenschutzforschung unter MELODI, ALLIANCE, NERIS und EURADOS. Ziel des Vorhabens ist es, im europäischen Rahmen eine Struktur zu schaffen, die langfristig das europäische Forschungsprogramm im Strahlenschutz koordiniert. Die MELODI-Plattform übernimmt dabei neben den speziellen Zielstellungen im Bereich niedriger Dosen die Führungsaufgabe in der Koordination der europäischen Plattformen zur Strahlenschutzforschung. Das BfS leitet in OPERRA das Arbeitspaket für eine gemeinsame Programmentwicklung und eine gemeinsame Forschungsförderung. Besonders bei der Erforschung der Effekte und Risiken niedriger Dosen ionisierender Strahlung ist die Zusammenarbeit mit Fachleuten außerhalb der Strahlenforschung immer dringender erforderlich. Dazu zählen unter anderem Immunologen, Stammzellforscher, Statistiker und Informatiker. OPERRA hat u. a. zum Ziel, eine solche Zusammenarbeit zu stärken.

[5] <http://www.eu-neris.net/index.php/projects/prepare.html>  
 [6] [www.melodi-online.eu/](http://www.melodi-online.eu/)  
 [7] [www.er-alliance.org](http://www.er-alliance.org)  
 [8] <http://www.eu-neris.net>  
 [9] <http://eurados.org>  
 [10] <http://www.melodi-online.eu/operra.html>  
 [11] <http://www.iaea.org>  
 [12] <http://www.who.int/en>  
 [13] <http://www.herca.org>

## Weitere Netzwerke

### RENEB - Aufbau eines europäischen Biodosimetrie-Netzwerkes

Nach einem großen Strahlenunfall ist eine möglichst schnelle Unterscheidung von unterschiedlich hoch bestrahlten Personen erforderlich.

Eine Lektion, die aus vorausgegangenen Vorfällen gelernt wurde, ist die Notwendigkeit, die so genannten „besorgten Gesunden“ („worried well“: Personen, die nicht exponiert wurden, aber besorgt sind und sogar Symptome wie Schwindel und Übelkeit zeigen) so rasch wie möglich zu identifizieren, um die medizinische Versorgung für die Notfälle freizuhalten. In diesem Zusammenhang hat sich die biologische Dosimetrie als äußerst hilfreiches Verfahren für eine Dosisabschätzung erwiesen. Die Methode beruht auf der zahlenmäßigen Erfassung biologischer Strahlenmarker, z. B. von Fehlreparaturen in der Erbinformation von Blutlymphozyten, deren Höhe einen Rückschluss auf die erhaltene Strahlendosis ermöglicht (siehe auch Beitrag im Jahresbericht 2005). Da im Falle eines großen Strahlenereignisses ein einzelnes Labor oder einige wenige Labore schnell an die Grenzen ihrer Möglichkeiten kommen, wird seit 2012 unter der Federführung des BfS ein europäisches Biodosimetrie-Netzwerk aufgebaut. In dem Projekt RENEB arbeiten 23 Organisationen aus 16 europäischen Ländern eng zusammen, um in Zukunft eine schnelle und zuverlässige Dosisabschätzung für große Personengruppen zu gewährleisten. Schwerpunkte des Projektes sind der Aufbau einer standardisierten Auswertepattform sowie Fort- und Weiterbildungsmaßnahmen zur langfristigen Qualitätssicherung des Netzwerkes. Entsprechende Schulungsangebote werden auch für Nicht-Partner-Labore zugänglich sein. Hand in Hand mit dem Aufbau wird das Netzwerk in den nationalen und internationalen Notfallschutz mit radiologischem Hintergrund eingebunden, z. B. der Internationalen Atomenergie-Organisation (IAEO [11]) und der Weltgesund-

heitsorganisation (WHO [12]). Im Jahr 2013 war der Höhepunkt die erfolgreiche Durchführung eines großen Ringversuches, in dem die Zuverlässigkeit der Dosisermittlung, aber auch der reibungslose Ablauf der Probenversendung und -zustellung geprobt wurde.

### HERCA - eine Vereinigung europäischer Strahlenschutzbehörden

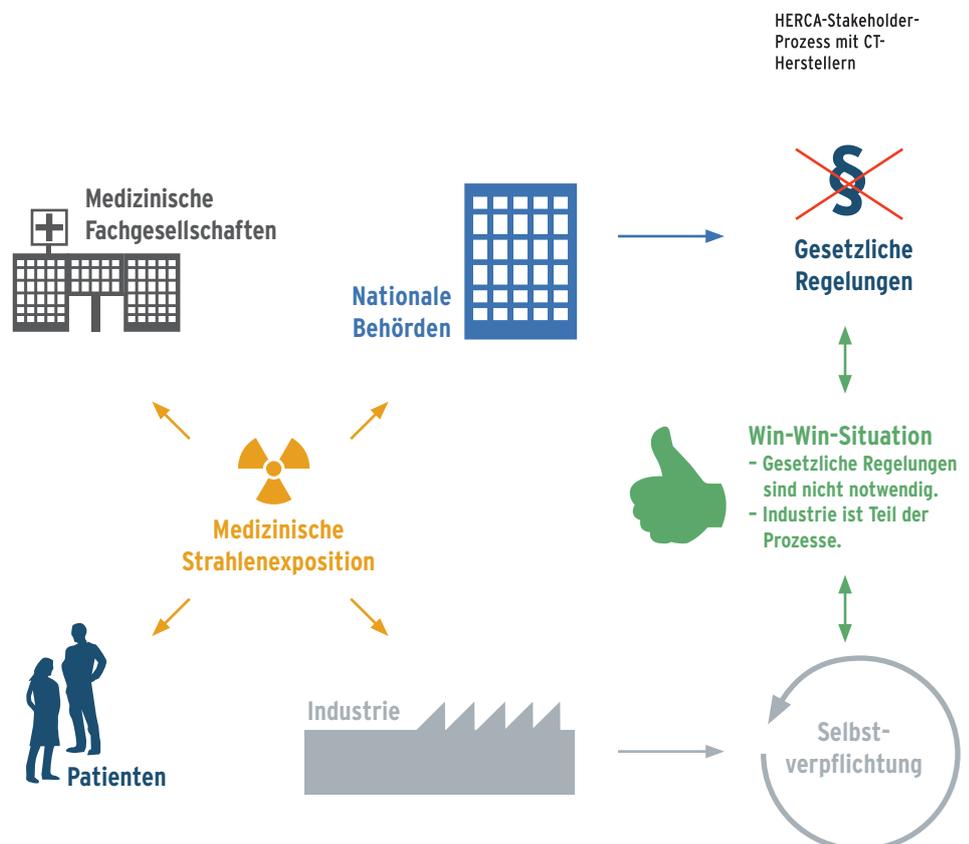
HERCA, die Abkürzung steht für Heads of the European Radiological Protection Competent Authorities [13], wurde im Jahr 2007 auf Initiative der französischen Nuclear Safety Authority (ASN) gegründet. HERCA ist eine freiwillige Vereinigung, in der die Vertreter der obersten Strahlenschutzbehörden in Europa zusammenarbeiten, um gemeinsame Probleme im Strahlenschutz zu identifizieren und praktische Lösungsvorschläge zu erarbeiten. Derzeit sind 49 Strahlenschutzbehörden aus 31 Ländern Europas in HERCA vertreten.

Deutschland gehört zu den Gründungsmitgliedern von HERCA und hat sich – über vom zuständigen BMUB benannte BfS-Mitarbeiter in verschiedenen Arbeitsgruppen – unter ande-

rem im Bereich der medizinischen Anwendung ionisierender Strahlung intensiv eingebracht. U. a. auf Initiative des BMUB wurde mit den Herstellern von Computertomographen (CT) eine Selbstverpflichtung der Hersteller erarbeitet, die zum Ziel hat, die durch die Computertomographie bedingte medizinische Strahlenexposition zu verringern. Ein Vorteil von Selbstverpflichtungen ist, dass – ohne Schaffung von zusätzlichen rechtlichen Regelungen – wichtige Maßnahmen initiiert werden können, an denen die Industrie von Anfang an beteiligt ist (s. Abb. unten).

Ein weiterer Schwerpunkt betraf die rechtfertigende Indikation von strahlendiagnostischen Verfahren und hier insbesondere die Erarbeitung einer HERCA-Empfehlung zur individuellen Früherkennung von Krankheiten mittels CT.

Zielsetzung all dieser Aktivitäten ist es, wichtige Konzepte und Prinzipien des medizinischen Strahlenschutzes auf EU-Ebene intensiv zu diskutieren und Erfahrungen auszutauschen.



# Aktuelle Fragen aus dem beruflichen Strahlenschutz

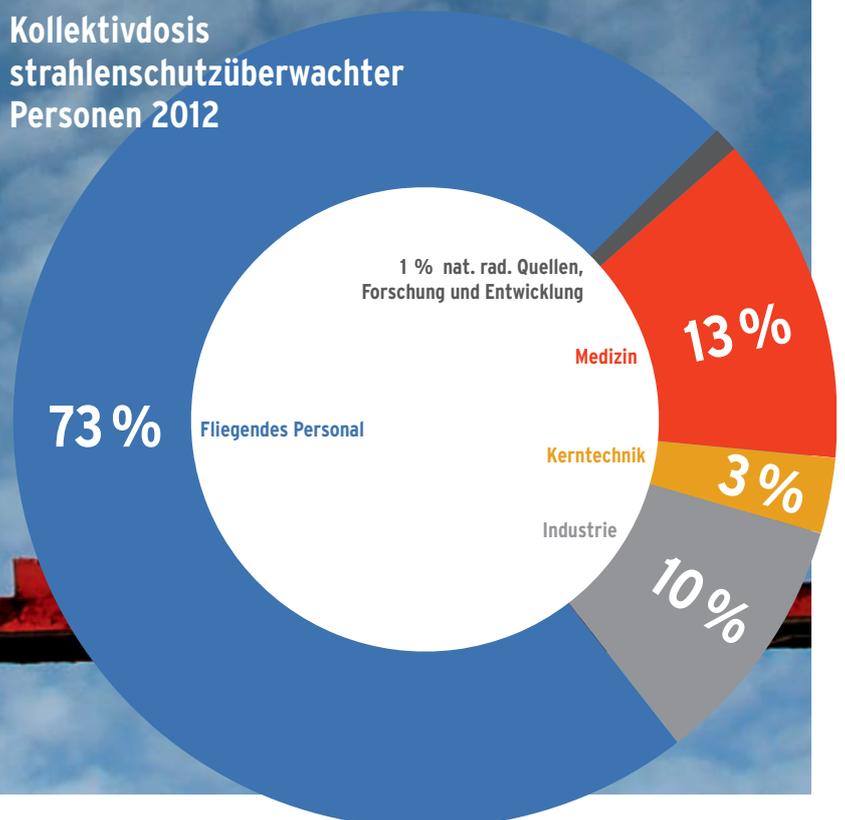
Occupational Radiation Protection  
Topics

## Berufliche Strahlenexposition aus natürlichen Strahlenquellen

**Occupational Radiation Exposure from Natural Radiation Sources**  
*Pilots and flight attendants are exposed to cosmic radiation. With average annual doses around 2 mSv they belong to the groups with the highest occupational radiation doses among all radiation exposed workers in Germany. The BfS registers their individual monthly doses since 2003. Their annual doses vary with the protective effect of the solar cycle that again changes periodically over more or less eleven years. Seasonal influences and business trends superimpose the time series of the individual doses.*  
*Apart from workplaces involving exposure to cosmic rays there are also workplaces where considerably high radiation doses from natural terrestrial radiation sources may occur. This applies in particular to underground work in show mines, caves or radon spas or in drinking water plants where workers are comparatively high-exposed to the radioactive noble gas radon.*



## Kollektivdosis strahlenschutzüberwachter Personen 2012



**Ansprechpartner:**  
**Gerhard Frasch (03018 333-2410)**

Der Schutz vor beruflich bedingter Strahlenexposition zielt hauptsächlich auf die zivilisatorisch bedingte Anwendung von Strahlenquellen, wie sie z. B. in der Medizin, der Kerntechnik und der Industrie vorkommt. Hierzu wurde in den BfS-Jahresberichten der vergangenen Jahre berichtet. Es gibt aber auch Arbeitsplätze, an denen die Beschäftigten in erheblichem Maße einer Strahlenbelastung durch kosmische oder natürliche terrestrische Strahlung ausgesetzt sind. Zu diesen Berufsgruppen gehören in erster Linie Piloten und Flugbegleiter. Außerdem sind Beschäftigte in Trinkwasserwerken oder unter Tage tätige Personen, z. B. in Schaubergwerken, Höhlen oder Radonheilbädern, zum Teil einer vergleichsweise hohen beruflichen Strahlenbelastung durch Radon ausgesetzt und werden deshalb strahlenschutzüberwacht.

#### **Dosis des fliegenden Personals unter Berücksichtigung des aktuellen Sonnenzyklus**

Piloten und Flugbegleiter sind in erheblichem Maße der kosmisch bedingten Höhenstrahlung ausgesetzt. Deshalb gehört das fliegende Personal mit mittleren Jahresdosen um die 2 mSv zu den Berufsgruppen, die am höchsten strahlenexponiert sind. Die ca. 39.000 Piloten und Flugbegleiter tragen zwei Drittel zur gesamten Kollektivdosis aller beruflich strahlenexponierten Personen in Deutschland bei. Aus diesem Grund wird das fliegende Personal, das eine Jahresdosis von mehr als 1 mSv erhalten kann, in Deutschland als beruflich strahlenexponiertes Personal nach den Vorschriften der Strahlenschutzverordnung überwacht. Dies bedeutet, dass seine Strahlendosen anhand der geflogenen Routen berechnet, zu Monatsdosen aufsummiert und personenbezogen über das Luftfahrt-Bundesamt an das Strahlenschutzregister des Bundesamts für Strahlenschutz übermittelt werden. Die extrasolare kosmische Strahlung besteht aus einem ständigen Strom von

hochenergetischen atomaren Teilchen, die aus den Tiefen des Kosmos sowie von unserer Sonne kommen und in die Erdatmosphäre eindringen. Sie stoßen dort auf die Bestandteile der Lufthülle und durch Wechselwirkung entstehen neue atomare Teilchen mit sehr hohen Energien.

Wegen der abschirmenden Struktur des Erdmagnetfelds ist die kosmische Strahlung am Äquator relativ gering, am stärksten dringt sie im Bereich der Polregionen in die Atmosphäre ein. Ein zusätzlicher Schutz gegen die kosmische Strahlung kommt von der Aktivität unserer Sonne. Der so genannte „Sonnenwind“ ist ein von der Sonne ausgehender Strom aus geladenen Teilchen, von denen ein kleiner Teil auch in unsere Atmosphäre eindringt. Vor allem aber lenken die elektromagnetischen Felder des Sonnenwindes einen Teil der kosmischen Strahlung von unserem Sonnensystem ab. Diese Sonnenaktivität nimmt in einem Zyklus von mehr oder weniger elf Jahren zu und dann wieder ab.

In Zeiten hoher Sonnenaktivität kann man vermehrt Sonnenflecken beobachten. Diese gehen in den so genannten Relativen Sonnenfleckenindex (RSI) ein, der ein Maß für die Sonnenaktivität ist: Je größer die Sonnenaktivität und damit der Wert des relativen Sonnenfleckenindex ist, desto geringer ist die kosmische Höhenstrahlung und umgekehrt. Das letzte Minimum der Sonnenaktivität war im Jahr 2009, das nächste Maximum wird für 2013/2014 erwartet.

Der Sonnenzyklus hat einen erheblichen Einfluss auf die Höhe der Strahlendosis, der man beim Fliegen ausgesetzt ist. Dies gilt besonders bei Flügen über hohen nördlichen Breiten und Polrouten. Das fliegende Personal fliegt jedoch in der Regel einen Mix aus unterschiedlich dosisintensiven Routen. Durch diesen Mix aus Flugstrecken wird der Einfluss der Sonnenaktivität auf die durchschnittliche Dosis abgemildert. Dagegen gibt es konjunkturelle und flugbetriebsspezifische Einflüsse, die den Einfluss des Sonnenzyklus auf die Höhe der Jahresdosis überlagern. Insbesondere bestimmen innerhalb

## **Strahlenschutzregister (SSR)**

Das SSR im Bundesamt für Strahlenschutz ist eine zentrale Einrichtung des Bundes. Es dient dem Strahlenschutz von ca. 400.000 Arbeitskräften in Deutschland, die von Berufs wegen ionisierender Strahlung ausgesetzt sind. Seine Aufgaben sind im Atomgesetz festgelegt.

Das SSR überwacht die berufliche Strahlenexposition und die Einhaltung der Grenzwerte für die zulässige jährliche Strahlenexposition und die Berufslebensdosis sowie die Ausgabe von Strahlenpässen.

Im SSR werden die von den behördlich bestimmten Messstellen festgestellten Körperdosiswerte aus äußerer und innerer beruflich bedingter Strahlenexposition sowie ggf. weitere Mitteilungen zur Dosiskontrolle personenbezogen zusammengeführt und ausgewertet. Ebenfalls zentral zusammengeführt werden die Meldungen der regionalen Registrierbehörden über die Ausgabe von Strahlenpässen und damit zusammenhängende amtliche Vorgänge.

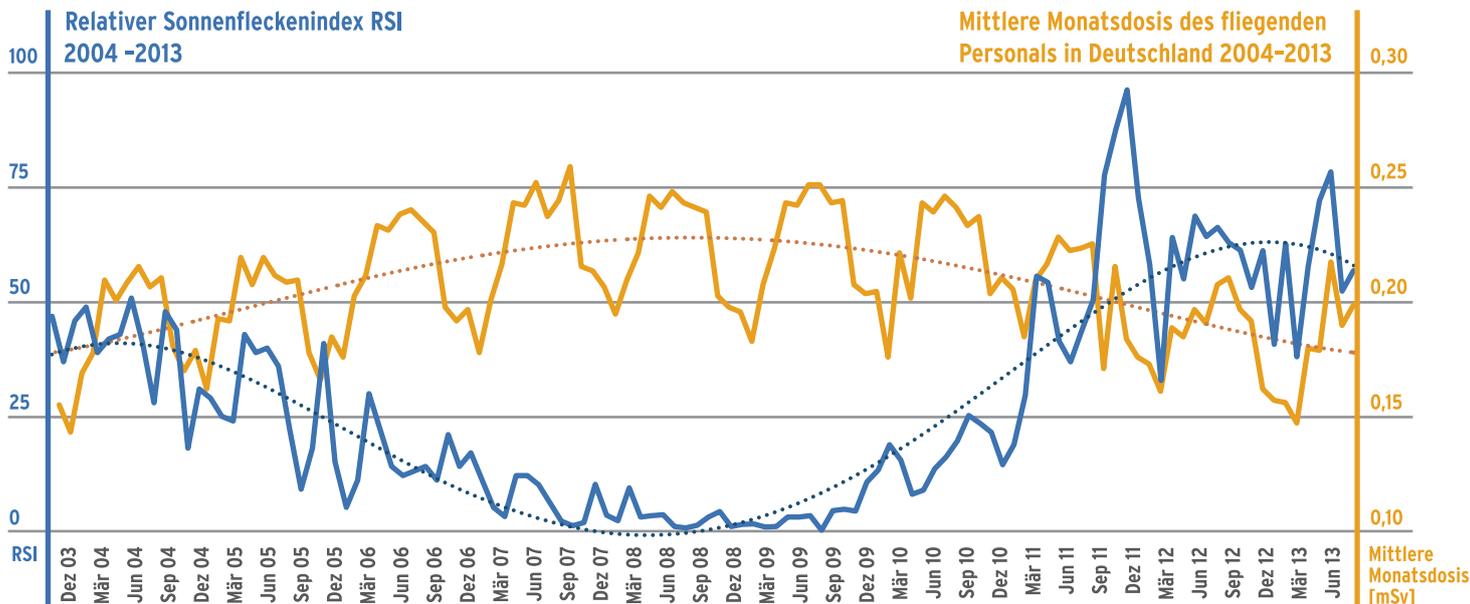
Mit Blick auf die Optimierung des Strahlenschutzes analysiert das SSR die Entwicklung der Strahlenexposition in den verschiedenen beruflichen Bereichen wie z. B. der Medizin, Kerntechnik, Luftfahrt etc. nach wissenschaftlichen Kriterien. Das SSR trägt zur Weiterentwicklung des beruflichen Strahlenschutzes bei, indem es Forschungsvorhaben vergibt, sich in den internationalen Strahlenschutzorganisationen und Gremien engagiert und mit den beruflichen Strahlenschutzeinrichtungen der EU-Länder gut vernetzt ist.

eines Jahres die saisonalen Anforderungen des Tourismus den Flugbetrieb und beeinflussen damit erheblich auch die Höhe der mittleren Monatsdosis des Fluggersonals. Deutlich erkennt man innerhalb eines Jahres den Dosisanstieg durch Urlaubsflüge in den Sommermonaten, und je nach Lage der Konjunktur sieht man auch einen geringeren Anstieg im Winter, wenn in den Zeiten um Weihnachten bzw. den Jahreswechsel vermehrt Fernreisen unternommen werden.

In den nächsten Jahren wird durch die wieder nachlassende Höhenstrahlung auch die mittlere Dosis des fliegenden Personals zurückgehen. Das Ausmaß des Rückgangs wird vom genauen Verlauf der Sonnenaktivität abhängen, die größeren Schwankungen unterliegt. Wie sehr dadurch die Kollektivdosis sinken wird, hängt mittelbar aber auch vom Konjunkturverlauf ab, also von der Entwicklung des Flugbetriebs und insbesondere von der Anzahl der Beschäftigten.

#### **Berufliche Strahlenexposition durch Radon**

Je nach Region findet man in der Zusammensetzung des Gesteins unterschiedlich hohe Anteile des natürlichen, radioaktiven Isotops Uran-238. Damit einher geht das Edel-



Relativer Sonnenfleckindex und mittlere Monatsdosis von 2004 bis 2013

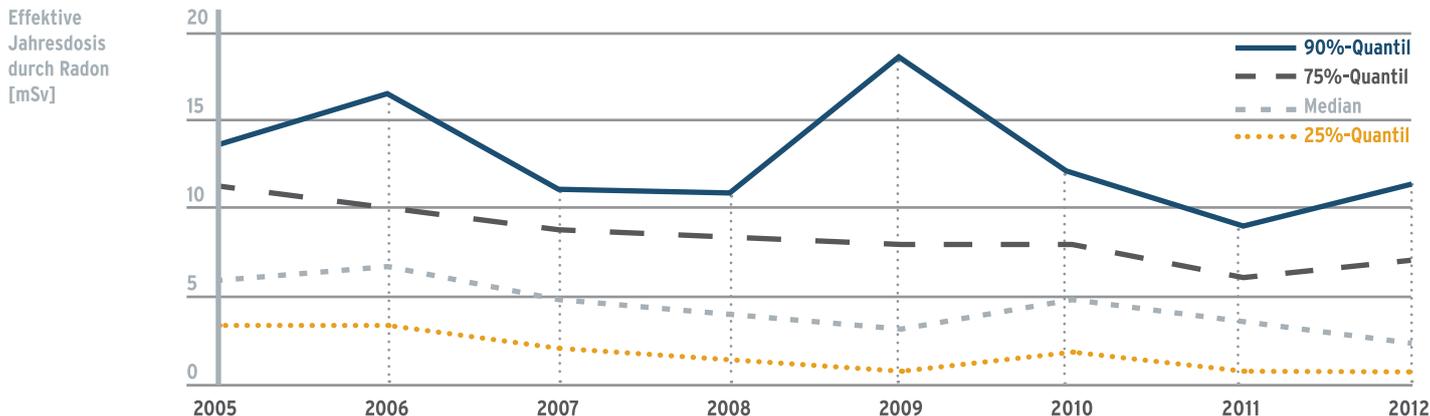
gas Radon-222, das ein radioaktives Zerfallsprodukt von Uran-238 ist. In manchen Bergwerken, Schauhöhlen oder Radonheilbädern reichert sich das Zerfallsprodukt Radon in der Umgebungsluft an. Man findet Radon auch in unterschiedlichen Konzentrationen im Grundwasser gelöst. Aufgrund der leichten Flüchtigkeit dieses Gases kann es auch in den Räumen von Trinkwasseraufbereitungsanlagen zu hohen Radonkonzentrationen in der Atemluft kommen. Die Inhalation von Radon und seiner kurzlebigen radioaktiven Zerfallsprodukte kann bei den dort Beschäftigten zu teilweise erheblichen Strahlenexpositionen führen. Wenn an solchen Arbeitsplätzen nicht sichergestellt werden kann, dass die jährliche Strahlendosis durch Radon unterhalb von 6 mSv/Jahr bleibt, müssen Beschäftigte an solchen Arbeitsplätzen strahlenschutzüberwacht werden.

Zwar ist die Gruppe der radonexponierten Beschäftigten mit etwas mehr als 200 Personen sehr klein, ihre effektiven Jahresdosen liegen jedoch deutlich höher als die Dosen aller anderen beruflich strahlenexponierten Berufsgruppen. So hatte die Hälfte der radonexponierten Arbeitskräfte in den Jahren 2005/2006 Jahresdosen von über ca. fünf Millisievert (mSv), die andere Hälfte lag darunter (Median). 2012 lag der Medianwert nur noch bei 2,3 mSv. Seit 2006 liegen die Jahresdosen bei 75 % der Beschäftigten unter zehn Millisievert (75%-Quantil), mit ebenfalls fallender Tendenz. Trotz des generellen Dosisrückgangs bei der überwiegenden Mehrzahl der Beschäftigten kam es in den vergangenen Jahren immer wieder zu erheblichen Grenzwertüberschreitungen. Detaillierte Auswertungen zeigen aber das Bemühen, die Strahlenbelastung unterhalb des zulässigen Grenzwertes zu halten.

Insbesondere in Wasserwerken kann durch technische Schutzmaßnahmen wie z. B. den Einbau von Belüftungsanlagen oder das Abdecken von Trinkwasserbecken die Strahlenbelastung erheblich reduziert werden. Auch durch die Beschränkung der Aufenthaltszeiten kann die Strahlenbelastung gesenkt werden.

Die Strahlenschutzüberwachung erfolgt dosimetrisch mittels individuell getragener Radonexposimeter oder durch die Kontrolle der Radonkonzentration in der Atemluft und der Aufenthaltszeiten. Zuständig sind behördlich bestimmte Messstellen, die die Radonexposition individuell ermitteln und die Ergebnisse zur Dosisbilanzierung und Grenzwertüberwachung an das Strahlenschutzregister des BfS melden.

Trend der effektiven Jahresdosis durch Radon bei Beschäftigten in Trinkwasseranlagen, Bergwerken und Schauhöhlen



## Strahlenbelastung des Personals bei PET/CT-Anwendungen

### Radiation Exposure of Staff in PET/CT Applications

*In nuclear medicine the number of PET/CT examinations has been rising rapidly in Germany. Often the personnel is not aware of the higher risk of radiation exposure to PET nuclides such as F-18 compared to the most commonly used nuclide Tc-99m. The occupational exposure of nuclear medical staff in four PET/CT departments was investigated by means of survey measurements, the results of which clarified that there is a permanent need to optimise protection standards to further reduce radiation exposure and to avoid exceeding of dose limits.*

#### Ansprechpartner/in:

**Ilona Barth (03018 333-4511)**

**Arndt Rimpler (03018 333-4516)**

**E**in in der Nuklearmedizin immer häufiger genutztes diagnostisches Verfahren ist die so genannte Positronen-Emissions-Tomographie (PET) in Kombination mit der Computertomographie (CT). Dabei werden dem Patienten radioaktiv markierte Stoffe (Radiopharmaka) verabreicht, die sich aufgrund ihrer chemischen Eigenschaften im Körper unterschiedlich verteilen. Die verwendeten Radionuklide wie z. B. Fluor-18 (F-18) oder Gallium-68 (Ga-68) sind Positronenstrahler, d. h. sie zerfallen unter Aussendung positiv geladener Teilchen, der so genannten Positronen, die mit Hilfe einer speziellen (PET-) Kamera sichtbar gemacht werden können.

Die CT ist ein Verfahren der Röntgendiagnostik, bei dem mit Hilfe einer Vielzahl von Röntgenaufnahmen hochauflösende Schnittbilder verschiedener Körperregionen erzeugt werden.

Die von PET und CT gelieferten Informationen ergänzen sich hervorragend. Mit speziellen PET/CT-Scannern lassen sich die von beiden Techniken erzeugten Bilder überlagern und damit be-

stimmte medizinische Fragestellungen beantworten, z. B. bei der Diagnostik von Tumoren.

Die für PET verwendeten Positronenstrahler können bei gleicher Aktivität beim medizinischen Personal eine deutlich höhere Ganzkörper-, Augen- und vor allem Hautexposition verursachen als andere Radionuklide wie z. B. Technetium-99m, das in der nuklearmedizinischen Diagnostik, z. B. von Schilddrüsen- oder Skeletterkrankungen, häufig verwendet wird. Die wachsende Zahl von PET/CT-Untersuchungen kann daher zu deutlich höheren Strahlenbelastungen des Personals führen.

Um sich einen Überblick über die Strahlenexposition der Beschäftigten zu verschaffen, hat das Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) deshalb in 4 Kliniken bei PET/CT-Untersuchungen von mehr als 1.100 Patienten Erhebungsmessungen durchgeführt. Deren Ziel war die Ermittlung typischer Werte der Augenlinsendosis, der lokalen Hautdosis an den Händen sowie der Ganzkörperexposition der Mitarbeiter/innen bei der Vorbereitung der Spritzen mit den Radiopharmaka, deren Applikation am Patienten sowie während des anschließenden PET/CT-Scans.

Von besonderem Interesse war dabei die Augenexposition, da auf Empfehlung der Internationalen Strahlenschutzkommission (ICRP [1]) in den neuen EU-Grundnormen (EU-Richtlinie zur Festlegung grundlegender Sicherheitsnormen für den Schutz vor den Gefahren einer Exposition gegenüber ionisierender Strahlung vom Dezember 2013) der Grenzwert für die Augenlinsendosis auf Grundlage neuer Erkenntnisse zur Induktion von Linsentrübungen durch ionisierende Strahlung von bisher 150 mSv auf 20 mSv gesenkt wurde.

Die Messung der Ganzkörperdosis erfolgte mit selbstablesbaren elektronischen Personendosimetern (EPD). Die Dosis an den Augenlinsen und den Händen wurde mit Thermolumineszenzdosimetern (TLD) ermittelt, die an der Stirn bzw. den Fingerspitzen befestigt waren.



Intravenöse Injektion von F-18-Fluordesoxyglucose für eine PET/CT-Untersuchung mit einer abgeschirmten Spritze

Die Untersuchungen haben gezeigt, dass die Strahlenexposition der Ärzte und medizinisch-technischen Röntgenassistenten/innen pro Patient bei PET/CT nicht zwingend höher ist als bei einer alleinigen PET-Untersuchung. Jedoch sind die Patientenzahlen in PET/CT-Zentren meist größer, was zu höheren Tagesdosen führt. Gemittelt über die verschiedenen Mitarbeitergruppen bzw. Tätigkeiten bei einer PET/CT-Untersuchung betrug die durchschnittliche Ganzkörperdosis pro Mitarbeiter/in 3 µSv pro Patient und die lokale Hautdosis an den Händen 764 µSv pro Patient. Die Dosis der Augenlinse wurde mit 3,7–5,4 µSv pro Patient abgeschätzt. Diese Ergebnisse belegen, dass Überschreitungen des Jahresgrenzwertes der Ganzkörper- und Augenlinsendosis (neu nach Richtlinie 2913/5959: 20 mSv/a) unwahrscheinlich sind, wenn angenommen wird, dass 1.000 Patienten pro Jahr von denselben Mitarbeitern untersucht werden. Die lokale Hautdosis läge bei dieser Zahl von Untersuchungen jedoch im Mittel mit 764 mSv/a über dem Grenzwert von 500 mSv/a. Daher ist der allgemeine Grundsatz im Strahlenschutz, durch Optimierung der organisatorischen und technischen Strahlenschutzmaßnahmen die Strahlenexposition der Mitarbeiter zu reduzieren, in PET/CT-Zentren besonders zu beachten.

# Qualitätssicherung – eine Kernaufgabe der Leitstellen

## Quality Assurance – a Key Task of Guiding Laboratories

*Quality assurance and plausibility checks of measurement results of environmental radioactivity are essential for the reliability of data especially in case of nuclear emergency. Specialised laboratories assure the high quality of measurement data delivered from different institutions by performing interlaboratory and proficiency tests.*

### Ansprechpartnerinnen:

**Bianka Denstorf (03018 333-4110)**

**Jacqueline Bieringer (03018 333-6771)**

Der zunehmende radioaktive Fallout infolge der atmosphärischen Kernwaffenversuche in den 1950er und 1960er Jahren machte eine Überwachung der Belastung von Mensch und Umwelt durch Radioaktivität erforderlich. Die Verpflichtungen durch den Artikel 35 des EURATOM-Vertrages von 1957 (Überwachung der radioaktiven Stoffe in der Umwelt und Einhaltung der Grundnormen bezüglich der Strahlenbelastung des Menschen) und die großtechnische friedliche Nutzung der Kernenergie zogen eine Ausweitung der Überwachung und deren gesetzliche Regelung nach sich. Die Aufgabenwahrnehmung im Rahmen der Überwachung der radioaktiven Stoffe in der Umwelt ist in Deutschland im Strahlenschutzvorsorgegesetz (StrVG) geregelt.

Dazu wurden Leitstellen eingerichtet, die jeweils für bestimmte Umweltbereiche bzw. Umweltmedien verantwortlich und in Bundesoberbehörden, wie z. B. dem BfS, angesiedelt sind. Details zu den Leitstellen zur Überwachung der Umweltradioaktivität finden sich unter [1].

## Ringversuche

Zu den Leitstellentätigkeiten gehört es, Probennahme- und Analyseverfahren zu entwickeln sowie regelmäßig – zumeist jährlich – Ringversuche zur externen Qualitätskontrolle zu organisieren. Zur Durchführung eines Ringversuches werden von der verantwortlichen Leitstelle standardisierte Proben mit bekannter Zusammensetzung (Sollwerte) an die teilnehmenden Institutionen versandt. Die Proben werden von den Teilnehmern mit den von ihnen üblicherweise verwendeten Verfahren analysiert. Ein Vergleich der Ergebnisse liefert Informationen über die Genauigkeit und Qualität der jeweiligen Analyse- und Auswertemethoden. In Fachgesprächen und Workshops werden die Ergebnisse mit den Teilnehmern anschließend diskutiert. Die von den Leitstellen entwickelten Analyseverfahren dienen der Gewährleistung von einheitlichen Messungen und Bewertungen bei der Bestimmung radioaktiver Stoffe in der Umwelt und werden in einer Lose-Blatt-Sammlung vom BMUB unter [2] herausgegeben. Die von den im BfS angesiedelten Leitstellen durchgeführten Ringversuche sind in der nachfolgenden Übersicht zusammengefasst.

Die Leitstelle für Trink- und Grundwasser, Abwasser, Klärschlamm, Reststoffe und Abfälle führt jährlich in Zusammenarbeit mit der PTB mehrere Ringversuche zur Bestimmung von künstlichen Beta- und Gammastrahlern bzw. Alphastrahlern in Wasser- und Abwasserproben durch. Die Auswahl der Radionuklide und die Höhe der eingesetzten Aktivitätskonzentrationen sind denen, die in der Umwelt vorkommen, angepasst.

**Leitstelle für Abwasser aus kerntechnischen Anlagen:** Betreiber von kerntechnischen Anlagen sowie beauftragte Sachverständige, die im Auftrag Messungen an Abwasserproben durchführen, müssen sich zumindest einmal jährlich an einem Ringversuch beteiligen. Dabei erhalten alle Teilnehmer von der Leitstelle Modellwasserproben und reale Abwasserproben, die aus einer deutschen kerntechnischen Anlage entnommen wurden, zur quantitativen Bestimmung der darin enthaltenen radioaktiven Stoffe.



**Leitstelle für Fortluft aus kerntechnischen Anlagen:** Die Richtlinie zur „Kontrolle der Eigenüberwachung radioaktiver Emissionen aus Kernkraftwerken“ sieht für den Bereich „Fortluft“ neben dem Routinemessprogramm auch die Durchführung von Ringversuchen zur Messung der Aktivität von Radionukliden auf Bilanzierungsmedien vor. Diese Ringversuche werden seit 1980 einmal jährlich von der Leitstelle „Fortluft“ in Zusammenarbeit mit der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt (PTB) organisiert

## Weitere Institutionen mit Leitstellen zur Überwachung der Umweltradioaktivität

Deutscher Wetterdienst (DWD): Leitstelle für Luft und Niederschlag

Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG): Leitstelle für Oberflächenwasser, Schwebstoff und Sediment in Binnengewässern

Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH): Leitstelle für Meerwasser, Meerschwebstoff und -sediment

Max Rubner-Institut (MRI): Leitstelle für Boden, Bewuchs, Futtermittel und Nahrungsmittel pflanzlicher und tierischer Herkunft

Johann Heinrich von Thünen-Institut (vTI): Leitstelle für Fische und Fischerzeugnisse, Krustentiere, Schalentiere und Meereswasserpflanzen

Die **Leitstelle Inkorporationsüberwachung** führt jährlich Ringversuche für In-vivo- und In-vitro-Inkorporationsmessstellen durch. Die für die Überwachung beruflich strahlenexponierter Personen behördlich bestimmten Messstellen sind gemäß Strahlenschutzverordnung § 41 zur Teilnahme verpflichtet. Bei In-vivo-Ringversuchen wird bei der jeweiligen Messstelle von einem Mitarbeiter der Leitstelle ein mit radioaktiven Quellen bestücktes Ziegelphantom aufgebaut, das einer menschlichen Messperson hinsichtlich Größe, Form und strahlenphysikalischen Eigenschaften nachempfunden ist. Die Messstelle hat die Körperaktivität zu bestimmen. Ähnliche Messaufgaben sind für die menschliche Schilddrüse durchzuführen. Im Rahmen der In-vitro-Ringversuche werden von der Leitstelle radioaktiv dotierte Urinproben an die teilnehmenden Labore verschickt, die die Aktivitäten festzustellen haben. Hierfür sind i. d. R. radiochemische Analyseverfahren nötig.

Eine der Hauptaufgaben der **Leitstelle für Gamma-Ortsdosisleistung** besteht in der Prüfung von Daten des ODL-Messnetzes auf Plausibilität und der Daten-Weiterleitung in IMIS und in den europäischen Datenaustauschverbund EURDEP. Die regelmäßige Teilnahme an internationalen Ringversuchen von ODL-Messsystemen bei der PTB in Braunschweig sichert den hohen Qualitätsstandard bei den eigenen Sondenentwicklungen und neuen Messverfahren im Messnetz. Auf der Interkalibrationsmessstelle an der Messstation Schauinsland des Bfs werden Langzeitmessungen verschiedener national oder international eingesetzter ODL-Messsysteme zur weiteren Qualitätssicherung durchgeführt. Die Ergebnisse dieser Messungen dienen auch zur Harmonisierung der gemessenen ODL in den unterschiedlichen europäischen Staaten im Rahmen von EURADOS.

## Vergleichsanalysen und Ringversuche der Bfs-Leitstellen

### Leitstelle für Bodenoberflächen (In-situ-Gammaspektrometrie):

Die nuklidspezifische Messung von radioaktiven Stoffen auf der Bodenoberfläche erfolgt durch die In-situ-Gammaspektrometrie. Die In-situ-Messung ist eine Schnellmethode für die Deposition von Gammastrahlern auf dem Boden. Sie bezieht sich nicht auf eine Bodenprobe, sondern erfasst einen Einzugsbereich von mehreren hundert Quadratmetern. Vergleiche sind hier nur über Messübungen wie z. B. an Referenzflächen im freien Gelände möglich, an denen sich sowohl die Messfahrzeuge des Bundes als auch der Länder sowie die Messstationen des DWD beteiligen. Derartige Vergleichsmessungen finden i. d. R. jährlich statt.

An den, i. d. R. im Zwei- bis Dreijahresrhythmus stattfindenden Ringversuchen der **Leitstelle Spurenanalyse** nehmen die Deutschen Spurenmessstellen vom Bfs, dem DWD und der PTB sowie ausländische Spurenmessstellen, z. B. aus Estland, Frankreich, Österreich und der Schweiz, teil. Die hierdurch sichergestellte Vergleichbarkeit von Messergebnissen ist gerade auch in diesem Bereich, in dem geringste Aktivitätskonzentrationen in der Luft nachgewiesen werden, unbedingt erforderlich, wenn Messwerte über Ländergrenzen hinweg ausgetauscht und korrekt bewertet werden müssen.

Die **Leitstelle für Fragen der Radioaktivitätsüberwachung bei erhöhter natürlicher Radioaktivität ENORM** wurde im Jahre 2002 als Nachfolge der Leitstelle Bergbau eingerichtet. Die Aufgaben beinhalten u. a. die Erarbeitung und Vorhaltung von Methoden zur Bestimmung natürlicher Radionuklide in Umweltmedien und industriellen Rückständen (ENORM) und die Ermittlung der Strahlenexposition durch diese Stoffe und durch Radon und Radonfolgeprodukte. Zur Erzielung eines einheitlichen Vorgehens und zur Qualitätssicherung werden folgende Vergleichsanalysen angeboten:

- Der jährliche Kalibriervergleich mobiler Ortsdosisleistungsmessgeräte zur Bestimmung der Umgebungs-Äquivalenzdosisleistung  $H^*(10)$  wird auf den drei Referenzmessflächen des Sanierungsgebietes Ronneburg in Zusammenarbeit mit der Wismut GmbH organisiert.
- Die jährliche Vergleichsprüfung für passive Radonmessgeräte mit Kernspurdetektoren, Elektrodetektoren oder Aktivkohle.
- In unregelmäßigen Abständen wird eine Vergleichsanalyse zur gammaspektrometrischen Bestimmung natürlicher Radionuklide in Feststoffproben (Boden, Pflanzenasche) angeboten.

Die **Leitstelle für Arzneimittel und deren Ausgangsstoffe sowie Bedarfsgegenstände** ist für die Überwachung von Arzneimittelpflanzen bzw. Pflanzen, die als Ausgangsstoffe für Arzneimittel dienen, zuständig. Darüber hinaus werden bei konkretem Verdacht Bedarfsgegenstände auf radioaktive Stoffe hin untersucht. Als Bedarfsgegenstände werden Produkte, die unmittelbar mit dem menschlichen Körper oder Lebensmitteln in Kontakt kommen, bezeichnet.



---

# Ausgewählte Einzelthemen

---

Selected Topics

---

Aktuelle Fragen des Strahlenschutzes 52

---

Entsorgung radioaktiver Abfälle 60

---

Aktuelle Fragen zur Sicherheit in der  
Kerntechnik 76

---

# Aktuelle Fragen des Strahlenschutzes



---

Current Investigations  
Concerning Radiological Protection

---

Sicherheit hochradioaktiver  
Strahlenquellen

---

Leukämie im Kindesalter – Fortschreibung  
des Forschungsschwerpunktes

---

Fortführung der freiwilligen Selbst-  
verpflichtung der Mobilfunknetzbetreiber

---

Neue Ergebnisse der deutschen  
Uranbergarbeiterstudie

© EDWARD ROZZO/CORBIS

# Sicherheit hochradioaktiver Strahlenquellen

## Safety of High-activity Sealed Sources

Radioactive sources, in particular high-activity sealed sources (HASS), are in use for specific applications in industry and medicine. For many applications they are indispensable. However, their use requires measures to ensure a high level of safety and security. The Federal Office for Radiation Protection operates a registry for HASS, which enables the complete tracking of these sources. In August 2013 about 10,300 HASS were registered in Germany.

## Ansprechpartner/in:

**Renate Czarwinski (03018 333-4510)**

**Ralph Dollan (03018 333-4512)**

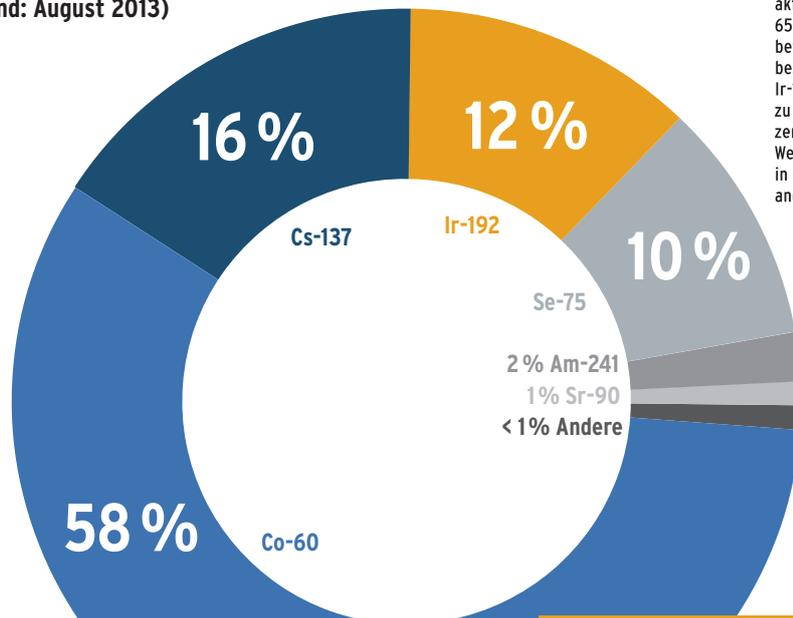
**Uwe Häusler (03018 333-4518)**

Strahlenquellen, insbesondere hochradioaktive Strahlenquellen, werden für Anwendungen in der Industrie und Medizin eingesetzt und sind durch andere Verfahren häufig nicht ersetzbar (siehe Infokasten).

Als hochradioaktive Strahlenquellen (HRQ) werden Quellen mit so hoher Aktivität bezeichnet, dass für Menschen, die Strahlung dieser Quellen ausgesetzt sind, Lebensgefahr bestehen kann. Die Aktivität, ab der eine Strahlenquelle als hochradioaktiv gilt, ist in der Strahlenschutzverordnung für jedes Radionuklid angegeben.

Neben der bisher durch umfangreiche gesetzliche Regelungen gewährleisteten Sicherheit rücken Aspekte der Sicherung radioaktiver Strahlenquellen, insbesondere seit den Terroranschlägen von New York und Washington im Jahr 2001, vermehrt in den Vordergrund. Deutschland setzt sich international für Regelungen zur Kontrolle hochradioaktiver Strahlenquellen ein und hat entsprechende gesetzliche Regelungen auf der Basis europäischer Vorschriften geschaffen. Wesentlicher Bestandteil dieser Regelungen ist ein beim BFS installiertes System zur Nachverfolgung hochradioaktiver

## Anteil der jeweiligen Nuklide in hochradioaktiven Strahlenquellen in Deutschland (Stand: August 2013)



Verwendete Radionuklide für die in Deutschland befindlichen hochradioaktiven Strahlenquellen. 65% der Co-60-Quellen befinden sich in Großbestrahlungsanlagen. Ir-192 und Se-75 werden zu fast 100 % in der zerstörungsfreien Werkstoffprüfung und in der Brachytherapie angewendet.

Strahlenquellen, das jeden Standort- und/oder Besitzerwechsel von HRQ erfasst. Dieses so genannte HRQ-Register ermöglicht es festzustellen, wo mit einer HRQ umgegangen wird und wer für sie verantwortlich ist.

Laut HRQ-Register befanden sich im August 2013 ca. 10.300 HRQ in Deutschland. Die Anteile der einzelnen Radionuklide am Gesamtaufkommen von HRQ in Deutschland sind in der Abbildung oben dargestellt. Mit den beim Betrieb des HRQ-Registers gewonnenen Erfahrungen hat sich das BfS auch intensiv an der Erarbeitung der Richtlinie 2013/59 sowie an internationalen Empfehlungen zur Sicherheit und Sicherung von Strahlenquellen beteiligt. Ende 2012 wurde die Broschüre „Wissenswertes über Hochradioaktive Strahlenquellen“ [1] veröffentlicht sowie ein Workshop zum Thema „Sicherung von Strahlenquellen im medizinischen Bereich“ unter Federführung des BfS durchgeführt. Zum Jahresende 2013 hat das BfS seine Arbeiten zur fachlichen Unterstützung des BMUB bei der Umsetzung der europäischen Grundnormen zum Strahlenschutz in gesetzliche Regelungen in Deutschland begonnen.

## Ausgewählte Anwendungsgebiete hochradioaktiver Strahlenquellen

In der Medizin werden Strahlenquellen beispielsweise in der Transfusionsmedizin zur Bestrahlung von Blutkonserven oder in der Krebstherapie zur direkten Bestrahlung von Tumoren (Brachytherapie) eingesetzt. In der Brachytherapie wird meist das Radionuklid Iridium-192 verwendet, da es eine für diesen Anwendungsbereich vorteilhafte Gamma-Strahlung aussendet und den Vorteil einer kurzen Halbwertszeit von nur 74 Tagen hat. Im Falle eines Verlustes wird auch die Gefährdung durch die Quelle schnell abnehmen.

Ein weiterer großer Anwendungsbereich ist die zerstörungsfreie Werkstoffprüfung. Hier werden Gamma-Strahler zur Prüfung von Material oder von Schweißnähten eingesetzt. Die Gamma-Strahlung durchdringt den Prüfgegenstand und ermöglicht wie beim medizinischen Röntgen Aufnahmen von dessen Innerem. Hier wird überwiegend Iridium-192 verwendet, aber auch Selen-75 und Cobalt-60. Die Quellen werden in diesem Anwendungsbereich meist mobil eingesetzt, was besondere Sicherheits- und Sicherungsmaßnahmen erforderlich macht.

Die Nuklide Cobalt-60 sowie Cäsium-137 werden meist in Großbestrahlungsanlagen (z. B. zur Sterilisation von Medizinprodukten) oder in Geräten zur Blutbestrahlung (s. o.) verwendet.

[1] <http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:0221-201212610240>

# Leukämie im Kindesalter – Fortschreibung des Forschungsschwerpunktes

## Childhood Leukaemia – Update of the Research Focus

*Based on a long-term strategic research agenda the Federal Office for Radiation Protection (BfS) has intensified research in the aetiology of childhood leukemia (see annual report 2012). Several pilot studies are nearly completed. As a first result a network of paediatric oncologists and epidemiologists from 18 countries around the world has been established and the feasibility of a national birth cohort including sampling and storage of cord blood has been proven. In an animal study possible effects of low-frequency magnetic fields on the development of juvenile animals and the maturation of the hematopoietic and immune system were assessed.*

### Deep sequencing

Umfassende Untersuchung (Sequenzierung) des Erbguts auf verschiedenen Ebenen (Genom, Epigenom einschließlich microRNom und Transkriptom) mittels modernster („next generation“) Technologie. Dabei wird die Abfolge der einzelnen „Buchstaben“ des Erbmaterials entschlüsselt.

### Genom

Gesamtes Erbmaterial einer Zelle, das in der DNA enthalten ist.

### Epigenom

Gesamtheit der vererbaren Veränderungen des Genoms, die nicht auf einer Veränderung der Abfolge der „Buchstaben“ beruht.

### MikroRNom

Gesamtheit der MikroRNAs, d.h. der kleinen RNAs, die bei der Steuerung der Aktivität der Gene eine wichtige Rolle spielen.

### Transkriptom

Gesamtheit der in einer Zelle in RNA umgeschriebenen Gene, also aller in der Zelle vorhandenen RNA-Moleküle.

### DNA

Desoxyribonukleinsäure, Träger der Erbinformation

### RNA

Ribonukleinsäure, wirkt in verschiedenen Formen mit bei der Umsetzung der Erbinformation in Proteine und bei der Steuerung der Genaktivität.

## Ansprechpartnerinnen:

**Anne Dehos (03018 333-2143)**

**Sabine Hornhardt (03018 333-2212)**

**Gunde Ziegelberger (03018 333-2142)**

Die ungeklärten Beobachtungen zu einem schwach erhöhten Risiko, an Leukämie zu erkranken, betreffen sowohl Kinder, die in der Nähe von Kernkraftwerken aufwachsen als auch Kinder, die schwachen häuslichen Magnetfeldexpositionen ausgesetzt sind. Da diese Befunde bisher nicht mit dem wissenschaftlichen Kenntnisstand zu Wirkungen von niedrigen Dosen ionisierender bzw. nichtionisierender Strahlung in Einklang zu bringen sind, hat das BfS nach Empfehlung der SSK im Auftrag des Bundesumweltministeriums in den letzten Jahren die Ursachenforschung zu Leukämien im Kindesalter intensiviert (s. Jahresbericht 2012). Auf Basis einer 2010 erarbeiteten Forschungsagenda wurden 2011/2012 fünf Pilotprojekte initiiert, deren Ergebnisse Ende 2013 größtenteils vorlagen.

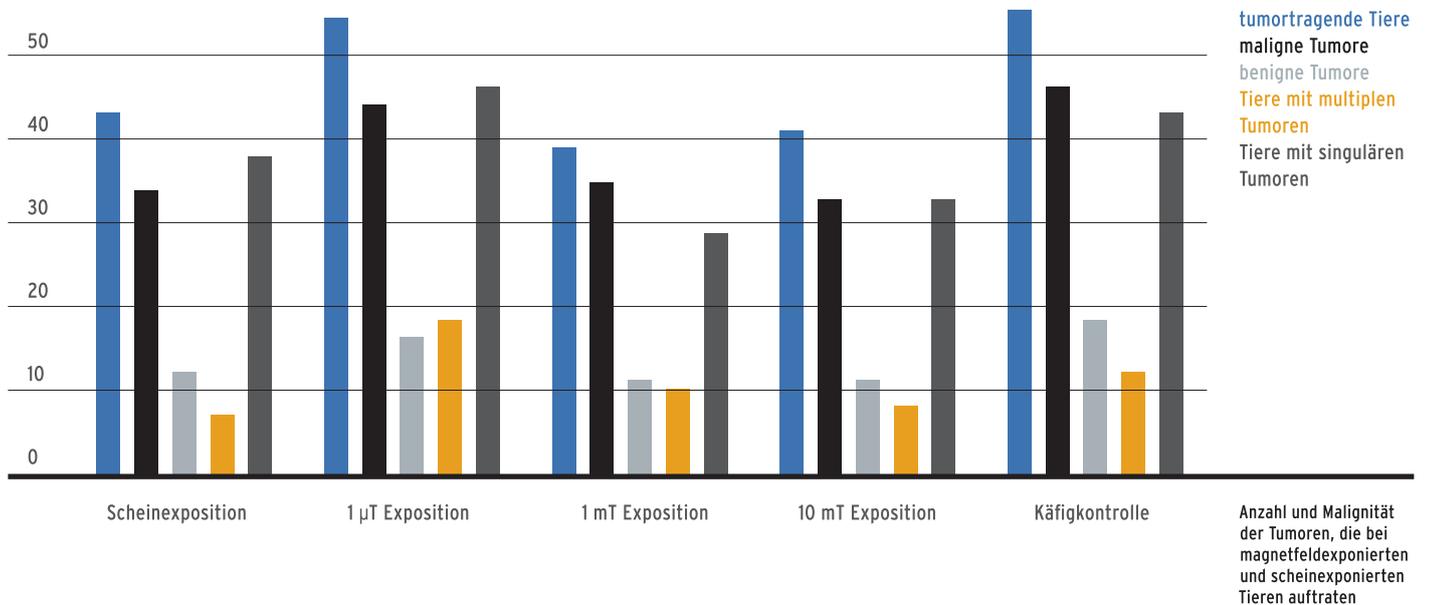
Im Rahmen der „Pilotstudie zum Vergleich der Inzidenz von Leukämien im Kindesalter in verschiedenen Staaten“ wurde an der Internationalen Agentur für Krebsforschung (International Agency for Research on Cancer) in Lyon/Frankreich ein internationales Netzwerk von pädiatrischen Onkologen und Epidemiologen aus 18 Ländern und allen Kontinenten etabliert [1]. Auf dem Kick-off-Meeting im Februar 2013 wurden Ideen für eine zukünftige Zusammenarbeit entwickelt, die im weiteren Verlauf neue Möglichkeiten zur Ursachenforschung und zur Therapie dieser komplexen Erkrankungen bieten sollen.

In Rahmen einer Machbarkeitsstudie zum Aufbau einer Geburtskohorte konnten 51 Mutter-Kind-Paare rekrutiert werden. Die Mütter wurden vor der Geburt befragt und es wurde bei

der Geburt Nabelschnurblut gewonnen, aufbereitet und aufbewahrt. Die wesentlichen technischen, logistischen, rechtlichen, ethischen und finanziellen Anforderungen an den Aufbau einer Geburtskohorte mit Sammlung und Aufbewahrung von Nabelschnurblut konnten geklärt werden und es wurden Empfehlungen für eine nationale Geburtskohorte erarbeitet. Diese sollte eng an andere internationale Geburtskohorten angebunden werden.

In einem weiteren Pilotprojekt wird ein hochempfindliches, aber trotzdem robustes Testverfahren für Vorstufen von Leukämiezellen (präleukämische Zellen) mit typischen Chromosomenveränderungen bei gesunden Probanden erarbeitet. Untersucht werden wiederkehrende Translokationen (Verlagerungen von Chromosomenabschnitten zwischen verschiedenen Chromosomen). Mit dem Verfahren sollen die zunächst unauffälligen und möglicherweise natürlich, d. h. in der gesunden Bevölkerung schon zum Zeitpunkt der Geburt, vorkommenden Veränderungen nachgewiesen werden. Mit diesem Verfahren kann dann in einer bevölkerungsbasierten Studie z.B. in Nabelschnurblut (Geburtskohorte s. o.) die Häufigkeit dieser Translokationen ermittelt werden.

Um die Veränderungen in leukämischen Zellen verstehen zu können, ist es wichtig, die genetische Basis der Krankheit zu verstehen. Durch ein „deep sequencing“, d. h. die umfassende Untersuchung (Sequenzierung) des Erbguts, können die genetischen Veränderungen weitgehend erfasst und die Folgen daraus abgeleitet werden. Dazu wird ein Pilotprojekt mit ausgewählten Proben von 10 Patienten mit akuter lymphatischer Leukämie (ALL) im Kindesalter durchgeführt. Die Analysen sind abgeschlossen, die Auswertung des sehr umfangreichen Datenmaterials dauert noch an.



Tiermodelle können wichtige Ergebnisse zu den Entstehungsmechanismen der Leukämie bei Kindern beitragen. Eine Übersicht über vorhandene Tiermodelle mit dem Hauptaugenmerk auf Mausmodelle und ALL im Kindesalter wurde vorgelegt und mögliche Weiterentwicklungen sowie bisher fehlende Aspekte und Möglichkeiten aufgezeigt.

Alle Pilotprojekte wurden bei einem Fachgespräch mit internationalen Experten, das vom 2. bis 4. Dezember 2013 im BfS in Neuherberg stattfand, vorgestellt und diskutiert. Darauf aufbauend wird das Forschungsprogramm aktualisiert.

Im Jahr 2013 wurde außerdem ein UFOPLAN-Forschungsvorhaben abgeschlossen, bei dem Tiere eines bestimmten Mäusestamms (so genannte CD1-Mäuse) bereits vor der Geburt unterschiedlich starken niederfrequenten Magnetfeldern (10 Mikrottesla, 1 Millitesla und 10 Millitesla) ausgesetzt waren. Nach der Geburt wurde die Magnetfeldexposition bis zum Alter von 18 Monaten fortgesetzt. Untersucht wurde unter anderem der Einfluss der Magnetfelder auf das blutbildende System und das Immunsystem. Am Ende des Expositionszeitraums

wurden umfangreiche feingewebliche (histologische) Untersuchungen zur Tumorbildung an wichtigen Organen wie Thymus, Milz, Lymphknoten und Knochenmark vorgenommen. Bei der Untersuchung der Tiere am Ende der 18-monatigen Exposition zeigten sich keine statistisch signifikanten Unterschiede in der Häufigkeit der Tumoren zwischen den exponierten Tieren und den Kontrolltieren (scheinexponierte Tiere). Bei den 90 Tage alten Tieren wurde bei der mittleren und hohen Dosis eine verminderte Anzahl einer bestimmten Untergruppe der Lymphozyten (CD8+ zytotoxische T-Zellen) gefunden. Der

Effekt war nicht sehr ausgeprägt, aber statistisch signifikant. Nach 28 Tagen oder nach 18 Monaten trat er nicht auf. Bei der Untersuchung der Blutzellen nach 18-monatiger Exposition wurden erhöhte Lymphozytenwerte im Blut aller drei magnetfeldexponierten Gruppen gefunden. Gleichzeitig nahm die Anzahl der segmentkernigen Granulozyten (eine weitere Untergruppe der weißen Blutzellen) ab. Ob diese Veränderungen Auswirkungen auf die Funktion des Immunsystems haben, wird in Folgestudien zu klären sein. Der Abschlussbericht des Projekts kann unter [2] im Volltext abgerufen werden.

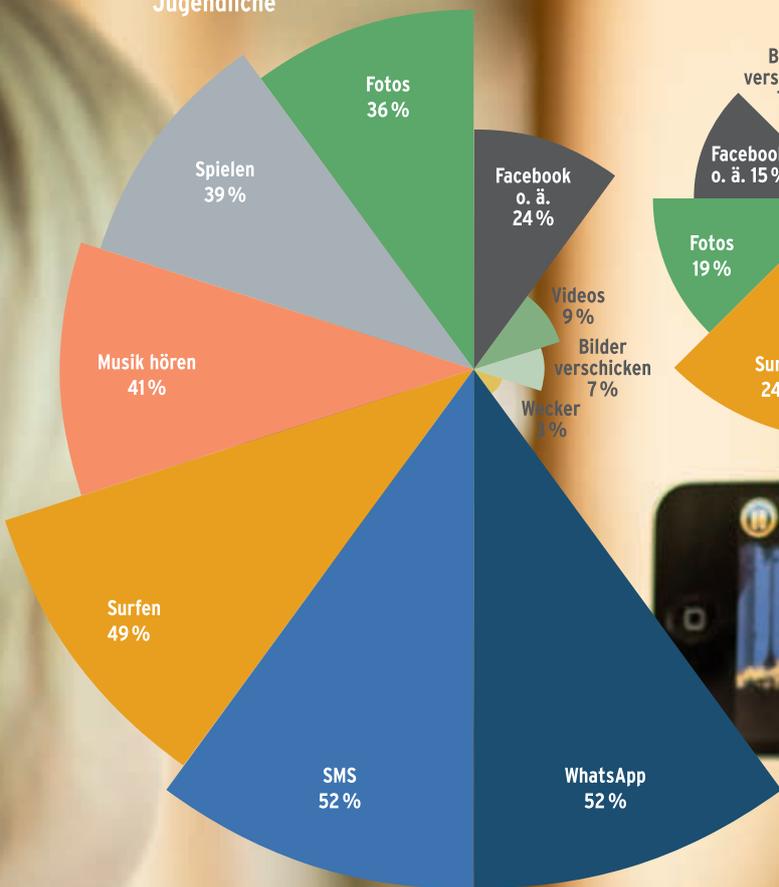
Rasterelektronenmikroskopische Aufnahme von B-Lymphozyten eines Leukämie-Patienten



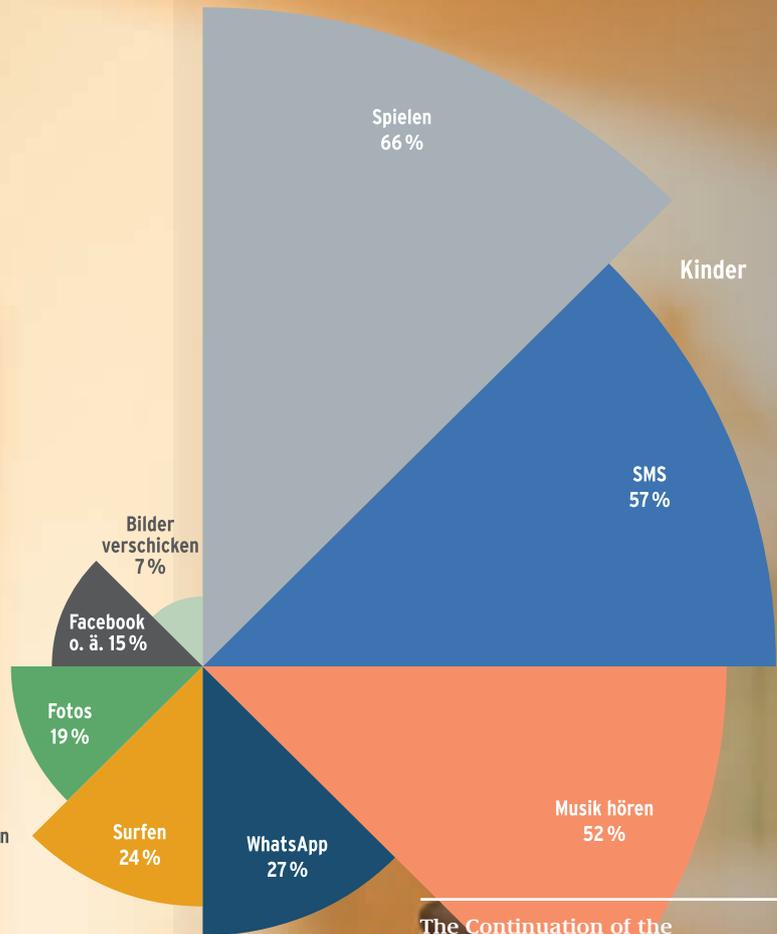
# Fortführung der freiwilligen Selbstverpflichtung der Mobilfunknetzbetreiber

Handyverwendung  
von Kindern und Jugendlichen  
Top-Nennungen  
(außer Telefonieren)

Jugendliche



Kinder



## The Continuation of the Voluntary Commitment of the Mobile Network Operators

In December 2001 the mobile network operators signed a voluntary commitment vis-à-vis the Federal Government. The aim of this commitment was the improvement of safety, consumer protection, environmental care and health protection, information and confidence-building measures with the upgrading of mobile telecommunication networks. Within this commitment a considerable research programme was conducted. The results are listed at [1]. This commitment was renewed in 2012 with an additional research programme that started in 2013. Content of this programme is the better management of the knowledge gained from research and improvement of risk communication.

**Ansprechpartnerin:**  
**Cornelia Egblomassé-Roidl**  
**(03018 333-2151)**

Nur Daten aus 2013; Dual-Frame-Stichprobe  
Kinder: n=62 befragte Kinder im Alter von 6 bis 13 Jahren mit eigenem Handy  
Jugendliche: n=145 Befragte zwischen 14 und 17 Jahren mit eigenem Handy  
(Quelle: LINK Insitut)

Im Dezember 2001 gaben die Mobilfunknetzbetreiber gegenüber der Bundesregierung eine freiwillige Selbstverpflichtung ab, die im Jahr 2008 fortgeschrieben wurde. Inhalt dieser Selbstverpflichtung waren Maßnahmen zur Verbesserung von Sicherheit und Verbraucher-, Umwelt- und Gesundheitsschutz sowie Information und vertrauensbildende Maßnahmen beim Ausbau der Mobilfunknetze. Ein wichtiger Teil dieser Selbstverpflichtung war die Zusage, das vom Bundesumweltministerium initiierte Deutsche Mobilfunk Forschungsprogramm (DMF [1]) anteilig mit 8,5 Millionen Euro zu unterstützen. Eine Fortführung der freiwilligen Selbstverpflichtung im Jahr 2012 hatte zum Ziel, das Wissensmanagement und die Risikokommunikation im Bereich Mobilfunk weiter zu verbessern. Dazu wurde ein neues Forschungspaket geschnürt mit derzeit vier Forschungsvorhaben. Grund für die Verlängerung der freiwilligen Selbstverpflichtung war der Wunsch nach einer besseren Vermittlung der Ergebnisse des DMF und somit dem Abbau von Unwissenheit zum Thema Mobilfunk in der Bevölkerung. Diese Forschungsvorhaben werden, genauso wie das DMF, ohne direkten Einfluss der Mobilfunknetzbetreiber auf Inhalte, Forschungsnehmer und die Fachbegleitung (durch das BfS) durchgeführt. Die Verantwortung liegt weiterhin in den Händen des Bundesumweltministeriums (BMUB). Die Ergebnisse dieser Forschungsvorhaben fließen direkt in die gezielte Ansprache von Bevölkerungsgruppen ein und stellen somit eine Maßnahme zur Risikokommunikation und zum verbesserten Gesundheits- und Verbraucherschutz dar. Das Programm zur Fortführung der freiwilligen Selbstverpflichtung der Mobilfunknetzbetreiber umfasst folgende Projekte:

### Untersuchung der Möglichkeiten des besseren Wissenstransfers / Wissensmanagements - im Hinblick auf das DMF - über Generationen bzw. über Themenzyklen / Aufmerksamkeitszyklen hinweg

In diesem Forschungsvorhaben wird ein Konzept für die Überführung der Ergebnisse des DMF in ein Wissensmanagementsystem (siehe Infokasten) erstellt. Ziel ist die Erstellung einer Datenbank, die für BfS-interne Nutzer, die im Bereich elektromagnetische Felder arbeiten, mittels eines schnellen und nutzerfreundlichen Zugriffs auf alle Ergebnisse und Erkenntnisse eine erhebliche Erleichterung bei der themenspezifischen Arbeit darstellen soll. Die Grafik unten verdeutlicht, welches Wissen ohne Wissensmanagement nicht zugänglich ist (Wissenssenken).

### Umfrage zur differenzierten Nutzung und Wahrnehmung des Mobilfunks

Zwischen den Jahren 2003 und 2006 und zusätzlich im Jahr 2009 beauftragte das BfS im Rahmen des DMF repräsentative Bevölkerungsumfragen, um Fragen zum Stellenwert des Mobilfunks und zur Mobilfunknutzung beantworten zu lassen. Die Umfrage in 2013 greift einen Großteil der Fragen der vergangenen Umfragen auf, setzt jedoch einen Schwerpunkt auf das Handy-Nutzungsverhalten durch Kinder und Jugendliche (s. Grafik S. 56), um Hinweise auf spezifische Expositionsszenarien zu erhalten.

### Erstellung einer praxisorientierten Handreichung zur Beurteilung von Studienergebnissen für Mitarbeiter von Kommunalverwaltungen

Die Beurteilung von Gesundheitsrisiken durch den Mobilfunk anhand von Studien, die in der Presse veröffentlicht sind, fällt nicht leicht. Der im

### Wissensmanagement

Methode zum verbesserten Wissens- und Informationsfluss. Dient dem Erhalt von Wissen. Ist eine Verknüpfung von organisationsbezogenem (organisationalem) Wissen mit Methoden, technischen Werkzeugen und personenbezogenem (personalem) Wissen.

### Risikokommunikation

Interaktiver (wechselseitiger) Prozess des Austausches von Informationen und Meinungen zu Risiken zwischen wissenschaftlichen Experten, Risikomanagern (Behörden) und der Öffentlichkeit (Betroffene, Interessengruppen etc.).

Forschungsvorhaben erstellte Leitfaden soll es insbesondere Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern einer Kommunalverwaltung aber auch anderen Interessierten ermöglichen, derartige Studien richtig einzuschätzen. Der Leitfaden geht auf die wichtigsten Qualitätsmerkmale von Studien ein. Zudem sind in einem Glossar die wichtigsten Begriffe aus derartigen Studien zusammengestellt. Der Leitfaden wurde im Rahmen des Forschungsvorhabens auf seine Praxistauglichkeit hin überprüft. Anhand der Ergebnisse wird der Leitfaden verbessert und fertiggestellt.

### Evaluierung des EMF-Portals und Ableitung von Erkenntnissen und Empfehlungen für dessen weitere Gestaltung

Das Informationsportal zum Thema elektromagnetische Felder (EMF-Portal), das vom Forschungszentrum für Elektro-Magnetische Umweltverträglichkeit (FEMU) am Universitätsklinikum Aachen betrieben wird, stellt einen wichtigen Baustein der Risikokommunikation des BMUB dar. Um für die interessierten Benutzer die Qualität dieses Portals sicherzustellen, wird dieses im Rahmen eines Forschungsvorhabens evaluiert. Ergebnisse sind ab dem Sommer 2015 zu erwarten.

Anwendungsszenarien	Aktenplan	Gruppenverzeichnis	Eigenes Serververzeichnis	Literaturverwaltung Endnote	Eigene Literaturverwaltung, Papiersammlung zu Literatur	Externe Literaturquellen (Internet, elektronische Zeitschriftenbibliothek, Fachliteratur, ProfiOnline, Graue Literatur)	Eigene Erinnerung	Persönlicher Kontakt zu Kollegen/-innen, Geschäftsverteilungsplan	DMF-Portal (www.emf-forschungsprogramm.de)	BfS-Website
Anfragen	■						■			
Gremienarbeit	■		■				■			
Literaturauswertung	■						■		■	
Projektbegleitung	■						■		■	
Öffentlichkeitsarbeit	■		■				■		■	
Fachgespräche		■					■			■
Veranstaltungsorganisation		■					■			■

Verknüpfung von Wissensquellen und -senken mit den Anwendungsszenarien

Wissensquelle

Wissenssenke

[1] <http://www.emf-forschungsprogramm.de>

# Neue Ergebnisse der deutschen Uranbergarbeiterstudie

## New Results from the German Uranium Miners Study

*During the last 12 months, the analysis of the German uranium miners' cohort (Wismut cohort) has focused on lung cancer mortality in relation to radon in the low exposure range, on mortality from non-malignant respiratory diseases in relation to radon and silica, mortality from cardiovascular diseases in relation to external gamma radiation and risk of death from primary liver cancer and radiation dose. A statistically significant exposure-response relationship was only found for radon-related lung cancer risk and silica-related risk of death from silicosis. The BFS joined a European cooperation named CURE (Concerted action for Uranium Research in Europe) to analyse the risks due to occupational uranium exposures.*

**Ansprechpartnerin:  
Michaela Kreuzer (03018 333-2250)**

Die ehemalige DDR war zeitweise der drittgrößte Uranexporteur weltweit. In den Jahren 1946 bis 1990 waren bei der SAG/SDAG Wismut insgesamt rund eine halbe Million Menschen beschäftigt. Die Bergleute und Uranerz aufbereiter waren bei ihrer Arbeit externer Gammastrahlung, Uranerzstaub und Radon – einem radioaktiven Edelgas und Zerfallsprodukt des Urans – sowie auch nichtradioaktiven Schadstoffen wie Quarzfeinstaub und Arsen ausgesetzt. Um das aus diesen Expositionen resultierende Gesundheitsrisiko zu bestimmen, wurde Mitte der neunziger Jahre die deutsche Uranbergarbeiter-Studie (Wismut-Kohorte) vom BFS gestartet. Mit etwa 59.000 Bergarbeitern ist sie eine der größten epidemiologischen Studien bei Uranbergarbeitern weltweit. Insbesondere die Inhalation von Radon und dessen Zerfallsprodukten führte zu einer hohen Lungendosis, die sich in einem stark gehäuften Auftreten von

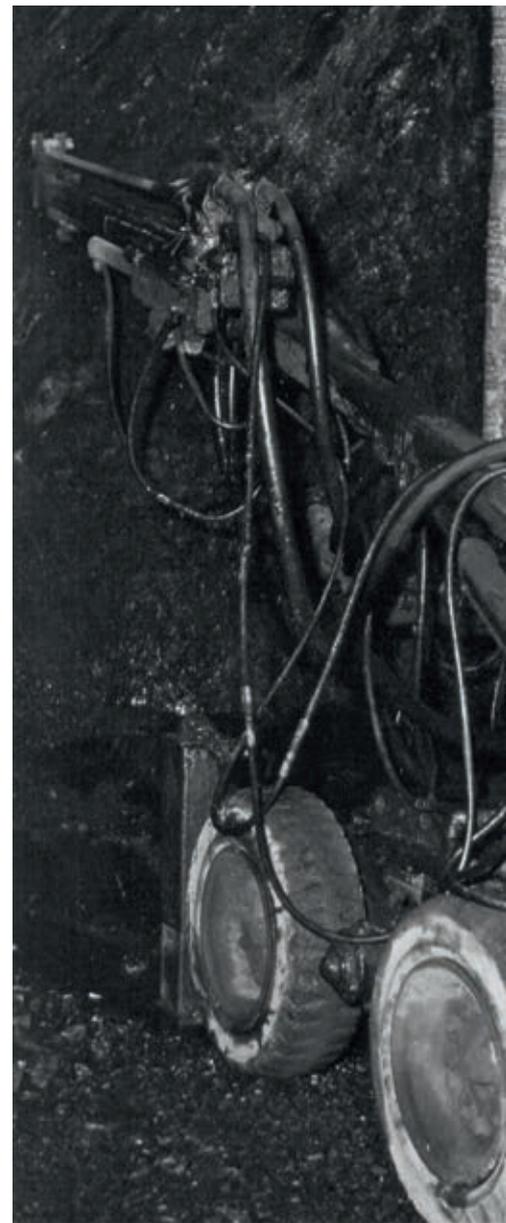
Lungenkrebs in der Kohorte widerspiegelt. Besonderes Interesse gilt dem Lungenkrebsrisiko vergleichsweise niedrig exponierter Bergarbeiter, da ähnliche Radonbelastungen auch im häuslichen Umfeld auftreten. Daher wurde, um die Aussagekraft für den Bereich niedriger Expositionen zu erhöhen, die deutsche Studie gemeinsam mit einer französischen und tschechischen Studie in einer europäischen Kooperation namens Alphasik ausgewertet. Die erhaltenen Risikoschätzer im Bereich niedriger Expositionen waren konsistent mit Ergebnissen einer großen europäischen



Studie zu Lungenkrebs durch Radon in Wohnungen. Weiterhin zeigte sich, dass das Lungenkrebsrisiko mit der Zeit nach Exposition, dem erreichten Alter und steigender Expositionsrate abnimmt.

In einer weiteren Studie wurde das Risiko, aufgrund von Radon- oder Quarzfeinstaubexposition an chronisch obstruktiven Lungenerkrankungen (COPD – Sammelbegriff für eine Gruppe von Krankheiten der Lunge, die durch Husten, vermehrten Auswurf und Atemnot bei Belastung gekennzeichnet ist) zu sterben, untersucht.

In einer großen amerikanischen Studie zur Radonbelastung in Wohnungen wurde eine Erhöhung des COPD-Sterberisikos beobachtet. Dies konnte jedoch in der Wismut-Kohorte nicht bestätigt werden. Auch in Abhängigkeit von Quarzfeinstaub



wurde keine Risikoerhöhung für COPD beobachtet. Insgesamt wurden in der Kohorte 975 Silikotodesfälle beobachtet. Hier wurde ein deutlicher Zusammenhang mit der Quarzfeinstaubbelastung gefunden.

Auch Erkrankungen, bei denen andere Organe als die Lunge betroffen sind, wurden untersucht. So verstarben bis Ende 2008 in der Kohorte 9.039 Personen an Herz-Kreislauf-Erkrankungen. Bei einer mittleren Dosis von nur 47 mSv durch externe Gam-



mastrahlung wurde weder für alle Herz-Kreislauf-Erkrankungen noch die Untergruppe der ischämischen Erkrankungen, d. h. durch verminderte Durchblutung oder Durchblutungs-ausfall ausgelöste Erkrankungen, ein erhöhtes Sterberisiko gefunden. Nur

für Schlaganfälle wurde ein Anwachsen der Rate mit der Dosis beobachtet. Allerdings kann nicht ausgeschlossen werden, dass dieses Ergebnis zufälliger Natur ist.

Eine weitere publizierte Untersuchung beschäftigte sich mit dem Risiko, an primärem Leberkrebs zu versterben. Obwohl primärer Leberkrebs in Deutschland an 8. Stelle der Krebstodesursachen steht und weltweit noch wesentlich häufiger ist, ist nur wenig darüber bekannt, ob er durch Strahlung verursacht werden kann. Leberkrebs wurde in der Vergangenheit



sehr oft fehldiagnostiziert, d. h. in vielen Studien war er nicht histopathologisch gesichert. Da zu Zeiten der DDR ein großer Teil der Todesursachen durch Autopsie bestätigt wurde, sind die Angaben in der Wismut-Kohorte relativ zuverlässig, so dass eine epidemiologische Auswertung möglich war. Bis Ende 2003 wurden in der Kohorte 159 Leberkrebstodesfälle beobachtet. Ein Risikoanstieg wurde sowohl mit der alpha-Strahlungsdosis als auch mit der gesamten effektiven Dosis (s. Infokasten S. 35) beobachtet. Allerdings kann nicht ausgeschlossen werden, dass dieser Effekt zufälliger Natur ist,

zumal die mittleren Leberdosen in der Kohorte sehr niedrig sind.

Seit 2013 ist das BfS mit der Wismut-Kohorte 2013 an einer von der Europäischen Kommission geförderten Forschungskoooperation namens CURE (Concerted Action for Uranium Research in Europe) beteiligt. Deren Ziel ist es, die gesundheitlichen Risiken der beruflichen Uranexposition zu untersuchen.

Zurzeit werden weitere Auswertungen, u. a. zu Tumoren des Hals-Nasen-Rachenraumes und Leukämien, durchgeführt. Um das Leukämierisiko abzuschätzen, wurden 2012 in Kooperation mit der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin auch die medizinischen Strahlendosen, u. a. aufgrund von Röntgenreihenuntersuchungen, für insgesamt 640 an Leukämie verstorbene und Vergleichspersonen erhoben. Die medizinisch bedingten Strahlendosen haben in der Kohorte eine ähnliche Größenordnung wie die beruflichen Strahlendosen durch externe Gammastrahlung. Des Weiteren läuft die Datenerhebung im Rahmen des so genannten vierten Follow-Up, in dem der Beobachtungszeitraum der Kohorte um weitere fünf Jahre von Ende 2008 auf Ende 2013 erweitert wurde.

# Entsorgung radioaktiver Abfälle



Radioactive Waste Management

---

Stand der Endlagerprojekte

---

Zwischenlagerung von Kernbrennstoffen

---

Transporte von radioaktiven Stoffen  
und Kernbrennstoffen

# Stand der Projekte

## Current Status of Projects

### Das Endlager Konrad

#### Konrad Repository

*The construction of the Konrad repository has been continued since 2008. It is planned to dispose of up to 303,000 m<sup>3</sup> of solid and solidified radioactive waste with negligible heat generation at a depth of about 800 m. In addition to the start of construction at the surface, currently the focus is on the preparation of the necessary underground infrastructure. Both shafts of the mine are currently being reconstructed and prepared for the installation of high-performance shaft transporting systems. The chambers for later storage of radioactive waste and the roadways from the shaft to the storage areas are under construction.*

#### Fachlicher Ansprechpartner: Gerald Laumert (03018 333-1834)

In dem ehemaligen Eisenerzbergwerk Konrad in Salzgitter wird ein Endlager für radioaktive Abfälle mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung errichtet. Das Endlager Konrad soll etwa 40 Jahre betrieben werden. Der Planfeststellungsbeschluss (Genehmigung) begrenzt das Einlagerungsvolumen auf maximal 303.000 Kubikmeter.

Im Jahr 2013 lag der Schwerpunkt neben dem Beginn der übertägigen Bauarbeiten auf der bergtechnischen Herstellung der erforderlichen untertägigen Infrastruktur. Beide Schächte des Bergwerks werden saniert und für den Einbau von leistungsfähigen Schachtförderanlagen vorbereitet. Die Einlagerungskammern zur späteren Aufnahme der radioaktiven Abfälle und die Verbindungsstrecken vom Schacht zu den Einlagerungsbereichen werden hergestellt. Die hierfür erforderlichen Großfahrzeuge wurden in Einzelteilen nach unter Tage transportiert und dort für den Einsatz montiert.

1984 hat die Bundesregierung die deutsche Gesellschaft zum Bau und Betrieb von Endlagern für Abfallstoffe mbH (DBE) mit der Planung und Errichtung von Endlagern beauftragt. Während dem BfS die Aufgabe des Betreibers und Bauherrn obliegt, führt die DBE als Erfüllungsgehilfe nach § 9a Abs. 3 AtG die Planung und bauliche Errichtung des Endlagers Konrad als öffentliches Bauvorhaben durch.

#### Errichtung und Zeitplanung

Gemäß Kooperationsvertrag ist es Aufgabe der DBE, die Ablauf-, Zeit- und Kostenplanung für die Errichtung des Endlagers Konrad aufzustellen. Nachdem die DBE 2010 mitgeteilt hatte, dass eine Fertigstellung des Endlagers Konrad bis 2014 nicht zu

erwarten sei, hat das BfS die DBE im April 2010 mit einer Planung beauftragt, die alle für die Errichtung des Endlagers relevanten Prozesse (auch Mitwirkungshandlungen Dritter) sowie eine realistische Risikobewertung beinhalten sollte. Bei der Erstellung dieser Planung zeigte sich, dass die aus den 1980er und 1990er Jahren übernommenen Annahmen unzutreffend waren und unrealistische Erwartungen erzeugt hatten. Die von der DBE aktualisierten Zeitpläne gingen nun von einem Fertigstellungsdatum im Jahr 2019 aus. Anfang 2013 teilte die DBE dem BfS mit, dass sie einen erheblichen Mehraufwand für die Sanierung von zumindest einem der beiden Schächte festgestellt hat.

Als neuen abgeschätzten Termin für die Fertigstellung Konrads hat die DBE das Jahr 2022 angegeben. Der von der DBE genannte Termin ist allerdings nicht belastbar und mit erheblichen Unsicherheiten behaftet, die nicht näher quantifizierbar sind. Daher kann derzeit kein neuer Fertigstellungstermin angegeben werden.

#### Sanierung der Schächte

Der Schacht Konrad 1 dient zukünftig zur Versorgung des Endlagers mit Frischluft und zum Transport von Material und Personal. Die beiden dort vorhandenen Seilfahrtanlagen aus den 1960er Jahren müssen durch neue leistungsfähige Förderanlagen ersetzt werden. Hierzu wurde bereits die südliche Förderanlage mit den hölzernen Führungseinrichtungen für die Förderkörbe komplett entfernt. Hingegen wird die nördliche Seilfahrtanlage als Hauptzugang zum Bergwerk noch weiter betrieben. Im südlichen Teil des Schachtes werden neue, stählerne Führungseinrichtungen für die zukünftige Förderanlage eingebaut.

Während der Herstellung von Bohrlöchern hat sich gezeigt, dass die vorhandenen Fugen des Schachtmauerwerks einer zusätzlichen



Vorläufiger Spritzbetonausbau im Abzweig zur Einlagerungstransportstrecke

Nachverfüllung bedürfen. Die DBE hat im Februar 2013 mitgeteilt, dass es dadurch zu Verzögerungen bei der Umrüstung komme. Das BFS hat in seiner Bauherrenfunktion zusätzlich einen Sachverständigen mit der Überprüfung der vorliegenden statischen Berechnungen zum Schachtmauerwerk und der Erarbeitung möglicher Alternativen zum statischen Nachweis des Lastabtrags beauftragt.

Durch diese aufwändigen Arbeitsschritte, die darüber hinaus unter besonderen Sicherheitsvorkehrungen im 1.230 m tiefen Schacht von Hand erfolgen müssen, hat sich eine Verzögerung im Bauablauf ergeben. Für den nördlichen Teil des Schachtes werden die Planungen hierzu derzeit noch modifiziert, um den vorgefundenen Gegebenheiten gerecht zu werden.

Der Schacht Konrad 2 ist bereits von den alten Fördereinrichtungen einschließlich Fördergerüst befreit und mit einer temporären Seilfahrtanlage ausgerüstet, die den berggesetzlich vorgeschriebenen zweiten Ausgang aus dem Bergwerk gewährleistet. Später werden die Abfallgebände durch

diesen Schacht nach unter Tage zur 850-m-Sohle transportiert.

#### Einlagerungstransportstrecke

Im Bereich der 850-m-Sohle müssen später die Abfallgebände von dem Förderkorb auf einen Transportwagen umgeladen werden, der die Gebände in die Einlagerungsbereiche fährt. Hierzu muss das Füllort, der Übergangsbereich vom Schacht ins Grubengebäude, bergmännisch erweitert werden. Die Verbindungen zu den Einlagerungsfeldern, insbesondere die etwa 100 m lange so genannte Einlagerungstransportstrecke, werden zurzeit bergmännisch vorbereitet bzw. bereits hergestellt. Um bei den in der betreffenden Tiefe anzutreffenden Gebirgsdrücken und unter den vorherrschenden geologischen Gegebenheiten einen möglichst wartungsfreien Grubenraum für eine Betriebszeit von rund 40 Jahren zu erstellen, kommt hier eine aufwändige Ausbautechnik zum Einsatz.

Diese Grubenräume werden nach einer speziellen Tunnelbauweise mit einem zweischaligen bewehrten Anker-Spritzbeton-Verbundausbau unter ständiger Gebirgsüberwachung erstellt.

#### Einlagerungskammern

Die Abfallgebände sollen in Einlagerungskammern (bis zu 900 m lange Strecken mit ca. 40 m<sup>2</sup> Querschnittsfläche) endgelagert werden. Hierzu werden derzeit für das erste Einlagerungsfeld die Zufahrtsstrecken zu den Einlagerungskammern, zusätzliche Entladekammern und die Abwetter-sammelstrecke, die später die Abwetter (Abluft) von den Einlagerungsbereichen direkt zum Schacht 2 führen soll, hergestellt. Die Einlagerungsfelder befinden sich in der besonders standfesten Eisenerzlagertätte. Ein aufwändiger Ausbau wie für die für den langfristigen Betrieb vorgesehenen Infrastrukturstrecken ist hier nicht erforderlich. Von den insgesamt sechs Einlagerungskammern des ersten Einlagerungsfeldes, das über 60.000 m<sup>3</sup> Abfallgebände aufnehmen können wird, sind drei Kammern bereits fertig aufgefahren.

#### Großfahrzeuge

Der Bestand an Fahrzeugen wurde im zurückliegenden Zeitraum erweitert und ergänzt. Aktuell sind nahezu 100 dieselbetriebene Fahrzeuge unter Tage verfügbar. Für die Errichtung und für



den Betrieb des Endlagers ist allerdings noch eine Reihe von zusätzlichen so genannten Gleislofahrzeugen erforderlich. Ein Teil dieser Fahrzeuge ist bereits beschafft und nach unter Tage gebracht worden. Aufgrund der besonderen Situation, dass durch die Umrüstung der Schächte zurzeit nur kleinere Transporteinheiten verwendet werden können (der Förderkorb ist nur 1 m breit), müssen diese Fahrzeuge zerlegt angeliefert und unter Tage montiert und gegebenenfalls wieder zusammengeschweißt werden. Auf diese Weise sind Großfahrzeuge wie Fahrlader, Ankerbohrwagen, Muldenkipper und Schleuderversatzfahrzeuge unter Tage montiert worden.

## Öffentlichkeitsarbeit zum Endlager Konrad

Public Relations Activities

**Ansprechpartner:**  
**Arthur Junkert (03018 333-1283)**

Seit 2008 betreibt das Bfs in der Innenstadt von Salzburg-Lebenstedt eine Infostelle zum Endlager Konrad. Seither besuchten mehr als 23.500 Bürgerinnen und Bürger die Infostelle, im zurückliegenden Jahr rund 3.500 Interessierte. Der überwiegende Teil von ihnen (2.770) hat auch an einer Befahrung des Bergwerks teilgenommen und sich vor Ort den Baufortschritt auf Konrad angesehen.

Neben den Besucherinnen und Besuchern aus Deutschland informierten sich auch internationale Gruppen, unter anderem Vertreter des österreichischen Umweltbundesamtes, Teilnehmer eines IAEA-Workshops, eine Gruppe aus Russland mit Vertretern der DUMA und die schweizerische Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle (Nagra).

Die Ausstellungsmaterialien in der Infostelle Konrad wurden 2013 umfassend aktualisiert und ergänzt. So wurde z. B. die Darstellung der Geologie überarbeitet und durch einen Kurzfilm komplettiert. Die Darstellungen „Entstehung und Lagerung radioaktiver Abfälle“ sowie „Grubengebäude und Einlagerungskammern“ sind nun in einer interaktiven Form verfügbar. Neu aufgenommen wurden die Themen „Überwachung der Umweltradioaktivität“ und „Zusätzliches Programm zur Überwachung Konrads“.

Fertiggestellte  
Einlagerungskammer

Im Februar 2013 besuchte der damalige Bundesumweltminister Altmaier das Bfs und ließ sich in der Infostelle Konrad das Modell des zukünftigen Endlagers erläutern.





Übertägiger Großversuch  
- 4. Eingießversuch für  
neu zu entwickelnde  
Abdichtungen

## Endlager für radioaktive Abfälle Morsleben

### Morsleben Repository for Radioactive Waste

*The Morsleben repository is to be decommissioned. To safely isolate the radioactive waste from the biosphere, it is planned to take comprehensive construction measures to seal and secure the underground cavities. Following laboratory studies on the material characteristics of the planned sealing structures, application of the construction material in practice and on a large scale is currently put to the test.*

*Following recommendations of the Nuclear Waste Management Commission and new insights originating from the above-mentioned tests of the sealing structures, the plan for decommissioning needs to be revised. This will delay the licensing process for decommissioning for an unknown period of time.*

**Fachlicher Ansprechpartner:**  
**Harald Kronemann (03018 333-1830)**

### Planfeststellungsverfahren zur Stilllegung des ERAM

Das Endlager für radioaktive Abfälle Morsleben (ERAM) befindet sich in der Phase der Stilllegung. Ziel ist der sichere Abschluss der radioaktiven Abfälle von der Biosphäre. Dazu sind umfangreiche Baumaßnahmen zur Sicherung und zum Verschluss der unterirdischen Hohlräume vorgesehen. Diese müssen in einem atomrechtlichen Planfeststellungsverfahren genehmigt werden. Die Fachgespräche mit der Genehmigungsbehörde, dem Ministerium für Landwirtschaft und Umwelt (MLU) des Landes Sachsen-Anhalt, wurden in 2013 fortgeführt. Zu den Gesprächsschwerpunkten zählten auch die geplanten Abdichtbauwerke zum Verschluss der unterirdischen Hohlräume.

#### Abdichtbauwerke

Die langzeitstabile Abdichtung der Schächte des Endlagers Morsleben soll durch je drei Dichtelemente erfolgen. Die beiden unteren Dichtelemente

werden aus Schotter und Bitumen bzw. Asphalt hergestellt. Das oberste Dichtelement besteht aus Ton bzw. Bentonit (Grafik auf Seite 65).

In der Bergbaupraxis werden Tondichtungen zum Verschluss von Schächten seit Jahren erfolgreich realisiert. Die beiden unteren Dichtelemente sind dagegen Neuentwicklungen. Um die in den Planungen angesetzten Materialeigenschaften und die Funktionalität der beiden unteren Dichtelemente zu belegen, sind verschiedene Versuche initiiert bzw. durchgeführt worden. In einem übertägigen Großversuch hat das BfS das Eingießen des Bitumens in eine Schotterlage erprobt. Durch eine messtechnische Überwachung wurden die einzelnen Eingießversuche analysiert und bewertet, sodass wichtige Erfahrungen für die spätere Umsetzung in der Stilllegung gewonnen werden konnten. In einem Handhabungsversuch unter Tage im Jahr 2014 soll die Machbarkeit des Einbringens von Bitumen in eine Schottersäule unter bergtechnischen Bedingungen nachgewiesen werden.

Zu den geplanten horizontalen Abdichtungen unter Tage hat das BfS be-



reits zwei Großversuche durchgeführt. Die Planungen zu ihrer Errichtung werden derzeit überarbeitet, um neu gewonnene Erkenntnisse zu den vorgesehenen Baustoffen und Konstruktionsweisen einzuarbeiten.

### Stellungnahme der Entsorgungskommission des Bundes (ESK)

Nach dem Erörterungstermin im Oktober 2011 hat das Bundesumweltministerium die Entsorgungskommission des Bundes (ESK) gebeten zu prüfen, ob die vom BfS in 2009 erstellte Langzeitsicherheitsbetrachtung methodisch dem Stand von Wissenschaft und Technik entspricht. Am 31.01.2013 hat die ESK ihre Stellungnahme „Langzeitsicherheitsnachweis für das Endlager für radioaktive Abfälle Morsleben (ERAM)“ vorgelegt. Grundlage waren auch Unterlagen aus den Jahren 2010 bis 2013, die zum Zeitpunkt der Erstellung der Langzeitsicherheitsbetrachtung durch das BfS noch

nicht zur Verfügung standen. In ihrer Stellungnahme kommt die ESK zu dem Ergebnis, dass die vom BfS vorgelegte Langzeitsicherheitsbetrachtung an den seit 2009 weiterentwickelten Stand von Wissenschaft und Technik angepasst werden sollte. Das Bundesumweltministerium hat die Empfehlungen der ESK uneingeschränkt übernommen und das BfS angewiesen, diese umzusetzen. Der Bearbeitungszeitraum für die Umsetzung der ESK-Empfehlungen beträgt nach ersten Abschätzungen mindestens 5 Jahre.

### Anpassung der Stilllegungsplanung

Der Plan Stilllegung ist unter Berücksichtigung der ESK-Empfehlungen und aktueller Planungen zu den Abdichtungen anzupassen. Auch sind neue und revidierte Verfahrensunterlagen durch die Genehmigungsbehörde zu prüfen, was zu einer weiteren Verschiebung des Planfeststellungsbeschlusses führen kann.

## Öffentlichkeitsarbeit zum Endlager Morsleben

Public Relations Activities

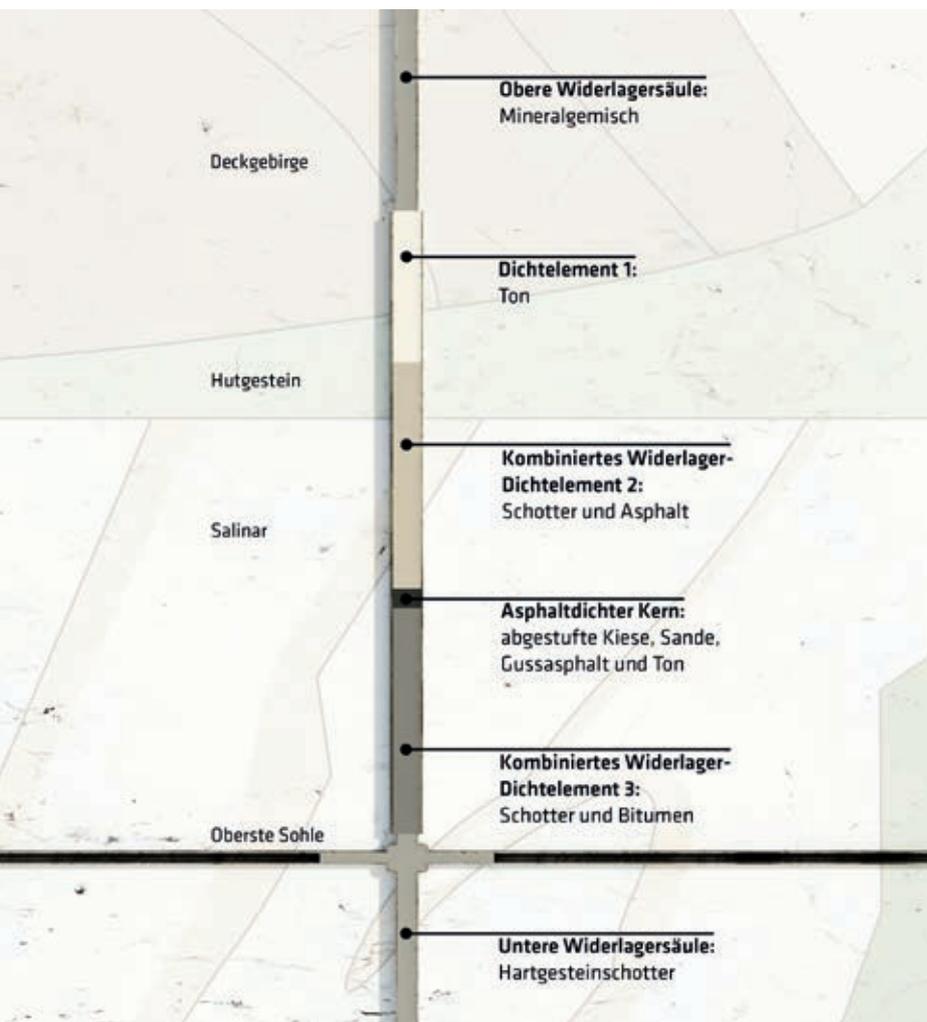
### Ansprechpartner:

Manuel Wilmanns (039050 97525)

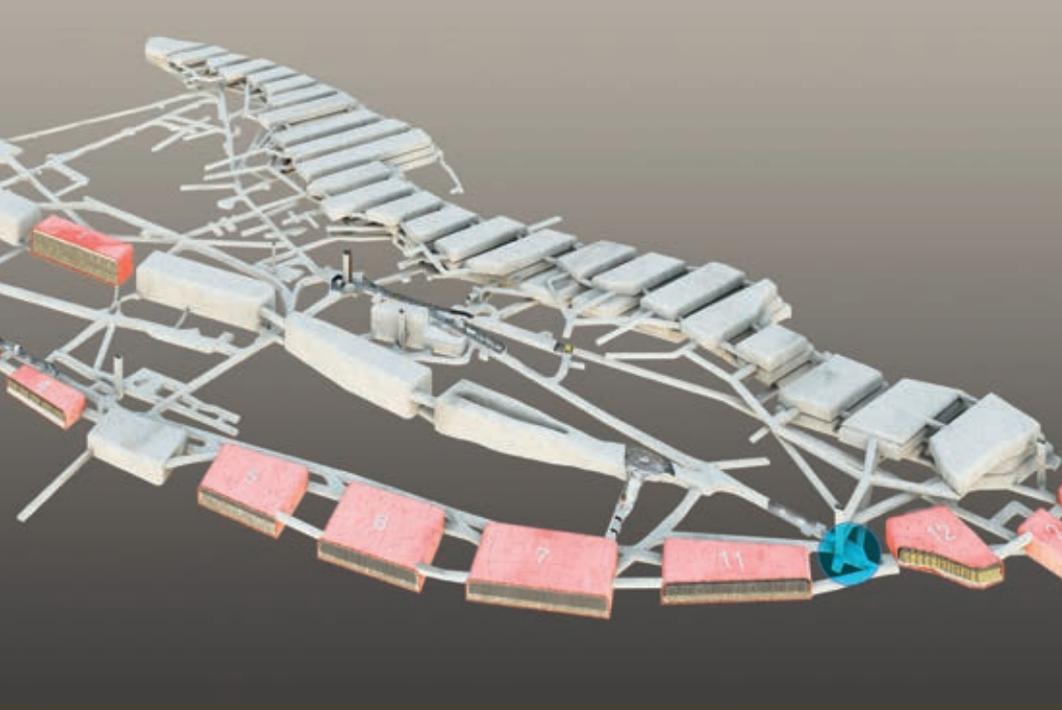
In unmittelbarer Nähe des Endlagers für radioaktive Abfälle Morsleben befindet sich eine Informationsstelle des BfS. Die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter der INFO Morsleben informieren über den Fortgang der betrieblichen Arbeiten und die Planungen zur sicheren Stilllegung des Endlagers.

Im Jahr 2013 besuchten ca. 2.000 Bürgerinnen und Bürger die Infostelle. Etwa 840 von Ihnen machten sich im Rahmen einer Grubenfahrt von den Gegebenheiten unter Tage ein Bild. Eine Broschüre zur betrieblichen Sicherheit und zum Strahlenschutz sowie ein neuer Film zur Befahrung des Bergwerkes ergänzen das bestehende Informationsangebot der INFO Morsleben seit Ende des Jahres.

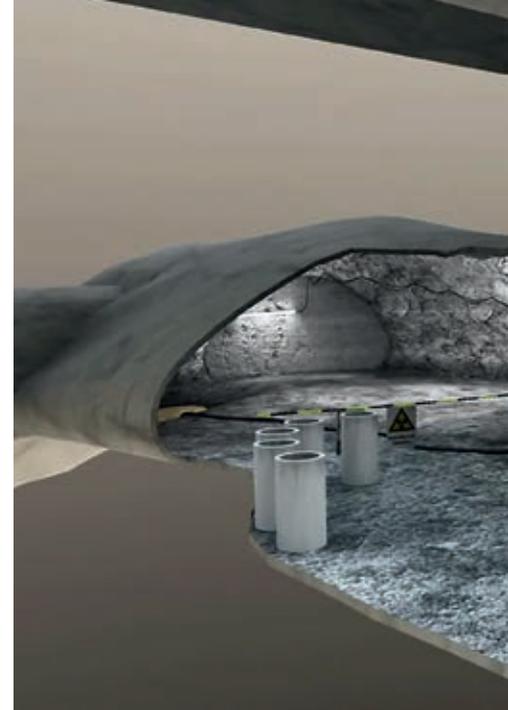
Die Infostelle wurde im Jahr 2013 umgebaut, um Platz für eine geplante historische Ausstellung zur Geschichte des Bergwerkes als Ergänzung zu den bestehenden Informationsangeboten zu schaffen. Diese soll u. a. auch auf die Nutzung des Bergwerkes als KZ-Außenstelle im Nationalsozialismus eingehen.



Prinzipskizze der Schachtverschlusssysteme



Grafische Darstellungen: 750-Meter-Sohle mit markiertem Bereich des ehemaligen Sumpfs vor Kammer 12



Der ehemalige Sumpf (links hinten) vor Kammer 12:

## Die Schachanlage Asse II

### Asse II Mine

*With the transfer of operatorship of the Asse II mine on 1st January 2009 to the Federal Office for Radiation Protection (BfS), BfS is assigned to adapt the pit to atomic law, to stabilise the mine, to realise emergency preparedness and, finally, to ensure a safe decommissioning. In April 2013 an amendment to the Atomic Energy Act was implemented that requires the retrieval of the radioactive waste before decommissioning the mine. In 2013 the operatorship was focused in the further backfilling of mined cavities (especially inner shafts in the pit and cavities on the 775-m and 750-m level), implementation of further precautionary measures, the drilling of the second bore hole in an emplacement chamber for fact-finding purposes and starting a bore hole 500 m to the east of the mine to investigate a site for a new shaft. Since summer 2013 the brine intrusion on the 658-m level has been labile. The development of brine intrusion cannot be predicted. Nevertheless the mission by law requires the immediate and parallel push of the retrieval measures (interim storage for waste, new shaft, technology for waste recovery).*

**Fachliche Ansprechpartner:**  
**Matthias Ranft (03018 333-1900)**  
**Dirk Laske (03018 333-1968)**

Dem Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) wurde von der Bundesregierung zum 1. Januar 2009 die berg- und atomrechtliche Verantwortung für den Betrieb der Schachanlage Asse II bei Remlingen im Landkreis Wolfenbüttel übertragen. Das BfS hat die Aufgabe, die Schachanlage nach kerntechnischem Regelwerk umzurüsten, die Gebrauchstauglichkeit des Grubengebäudes aufrecht zu erhalten, die Notfallbereitschaft herzustellen und die Anlage sicher nach Atomrecht stillzulegen. Beim Betrieb der Schachanlage Asse II bestehen zwei große Herausforderungen: Zum einen dringt steinsalzgesättigtes Grundwasser (sog. Zutrittswasser) in das Bergwerk ein, dessen Menge sich jederzeit erhöhen kann. Zum anderen gibt es Probleme mit der Gebrauchstauglichkeit des über 100 Jahre alten Bergwerkes.

Oberstes Ziel bei der Stilllegung der Schachanlage Asse II ist die langfristige Sicherheit von Mensch und Umwelt. Dies ist nach einem fachlichen Vergleich verschiedener Optionen und nach dem derzeitigen Kenntnisstand durch die Rückholung der Abfälle zu erreichen, sofern diese radiologisch

verantwortbar und bergsicherheitlich machbar ist. Mit Inkrafttreten der Lex Asse besteht seit April 2013 der gesetzliche Auftrag zur Rückholung. Damit die Rückholung durchgeführt werden kann, muss das Bergwerk stabilisiert und die Notfallbereitschaft hergestellt werden. Um Unsicherheiten über den Zustand der Einlagerungskammern und Abfallbehälter sowie das Vorhandensein möglicher explosiver Gase bewerten zu können, findet eine Probephase (Faktenerhebung) an zwei Einlagerungskammern statt. Parallel zur Probephase muss im Rahmen der Rückholungsplanung die notwendige Bergetechnik entwickelt, Infrastruktur über und unter Tage eingerichtet sowie ein Bergungsschacht und ein Zwischenlager errichtet werden. Klar ist: Die sichere Stilllegung der Schachanlage Asse II ist ein Generationenprojekt.

### Entwicklung Lösungszutritte (Zutrittswässer)

Seit 1988 werden Zutrittswässer (steinsalzgesättigtes Grundwasser aus dem Deckgebirge) festgestellt und dokumentiert. Diese dringen zwischen ca. 500 und 575 Metern Tiefe in das bergbaubedingt aufgelockerte Salzgestein an der Südflanke der Asse-Salzstruktur ein. Die Zutrittswässer werden im Bergwerk hauptsächlich auf der 658-m-Sohle gefasst. Hier werden oberhalb der Einlagerungskammern rund 11 Kubikmeter pro Tag aufgefangen.



Die kontaminierte Flüssigkeit wurde abgepumpt und in speziellen Behältern verwahrt.

Der gesamte Bereich wurde mit einer Mauer abgetrennt und verfüllt.

Seit Sommer 2013 sind zunehmende Schwankungen bei den gefassten Zutrittsmengen festzustellen. Das Meldekriterium für die durchschnittliche Zutrittsmenge an der Hauptauffangstelle von 11,1 Kubikmeter pro Tag wurde 2013 mehrfach über- und teilweise auch unterschritten. Im September 2013 wurden an der Südflanke kurzzeitig mehr als 13 Kubikmeter pro Tag gefasst. Zusätzliche Tropfstellen wurden seit Juni und Juli 2013 auf 574 m, 553 m und der 511-m-Sohle festgestellt. Die derzeit hier aufgefangenen Mengen sind nicht besorgniserregend, da sie problemlos aufzufangen und im Betrieb zu handhaben sind. Die weitere Entwicklung ist nicht prognostizierbar. Eine statistische Auswertung auf Basis verlässlicher Daten seit dem 01.01.2009 (Betriebsübernahme durch das BfS) ergab, dass der Lösungszutritt derzeit eine langfristig steigende Tendenz aufweist.

Die unkontaminierten Zutrittswässer aus der Hauptauffangstelle auf der 658-m-Sohle werden alle 1,5 Monate an das stillgelegte Bergwerk Maria-Glück bei Celle abgegeben (insgesamt ca. 3.800 m<sup>3</sup>/Jahr). Die Asse-GmbH hat den Vertrag bis zum Jahr 2016 verlängert. Danach müssen alternative Entsorgungswege gefunden werden. Das BfS strebt zur langfristigen Entsorgungssicherung eine ökologisch unbedenkliche Einleitung in ein geeignetes Gewässer (z. B. Küstengewässer der Nordsee) an.

### Stabilisierungs- und Notfallvorsorgemaßnahmen

Das Atomrecht schreibt eine Notfallplanung vor, die über die bergrechtlich notwendige Notfall- und Alarmorganisation hinausgeht. Die Notfallvorsorge der Schachanlage Asse II zielt auf eine Verringerung der Eintrittswahrscheinlichkeit einer Erhöhung der Mengen an Zutrittswässern aus dem Deckgebirge ab. Gleichzeitig muss eine Minimierung der radiologischen Konsequenzen durch ein Absaufen nach starker, unkontrollierbarer Erhöhung der Zutrittswassermengen erreicht werden.

2013 wurden die Vorsorgemaßnahmen zur Erhöhung der untertägigen Speicherkapazität für Salzlösungen abgeschlossen. Es stehen jetzt vier große Speicherstrecken auf der 800-m-Sohle und ein Notfallspeicher mit einigen hundert Kubikmetern Fassungsvermögen in faltcontainern nahe der Hauptauffangstelle auf der 658-m-Sohle zur Verfügung. Das Fassungsbecken an der Hauptauffangstelle für die Zutrittswässer wurde erneuert. Zu weiteren Vorsorgemaßnahmen zählt die Stabilisierung des Grubengebäudes, die eine Verlangsamung der Gebirgsbewegungen und damit der Schädigungen bewirkt. Darüber hinaus müssen Abdichtungen in den Zuwegungen zu den Einlagerungskammern und den senkrechten

Verbindungen zwischen den Sohlen erstellt werden, um im Falle eines Absaufens die Durchströmung der Einlagerungskammern und damit den Transport von Schadstoffen zu verhindern. Im Jahr 2013 lag der Schwerpunkt der Arbeiten der Notfallvorsorge auf Stabilisierungsmaßnahmen im unteren Abschnitt des Tagesschachtes 2, in den Blindschächten 1 und 2a, in Resthohlräumen der Abbaue auf der 775-m-Sohle und in Streckenabschnitten auf der 750-m-Sohle u. a. auch vor den Einlagerungskammern 12/750 und 10/750. Vor Einlagerungskammer 12 befand sich ein Sumpf (Vertiefung) mit kontaminierter Salzlösung. Bevor der Bereich vor Einlagerungskammer 12 stabilisiert werden konnte, musste die kontaminierte Lösung abgepumpt werden. Die Lösung kann nach der Lex Asse bei der Betonherstellung zur Verfüllung nicht mehr benötigter Hohlräume verwendet werden.

Mit der Verfüllung einer Erkundungsstrecke nach Süden auf der 750-m-Sohle wurde 2013 die letzte noch offene und damit besonders zuflussgefährdete Verbindung zwischen dem Nebengebirge und dem Grubengebäude geschlossen.

Die Vorsorgemaßnahmen auf der 750-m-Sohle sind eine wichtige Voraussetzung zur Herstellung der Rückholungsinfrastruktur unter Tage (Rückholungsstrecken, Pufferlagerräume,



#### Erkundungsbohrung für den geplanten neuen Bergungsschacht Schacht 5

Schleusen etc.). Die zunehmend nicht mehr nutzbaren, über 90 Jahre alten Strecken werden stabilisiert. Dadurch wird die fortschreitende Gebirgsschädigung verlangsamt. Dies ermöglicht die Erstellung neuer Hohlräume. Die Sanierung der Wendelstrecke im Bereich der 637-m-Sohle, die aufgrund der Schädigung mehr als ein Jahr gesperrt werden musste, wurde im März 2013 abgeschlossen. Zur Wiederherstellung der Arbeitssicherheit wurden Verfüllungen im Abbau 6a auf der 532-m-Sohle im Füllortbereich des Schachtes 2 auf der 750-m-Sohle und an dem Standort der Baustoffanlage auf der 750-m-Sohle durchgeführt.

#### Stand der vorbereitenden Maßnahmen zur Rückholung

**Probephase:** 2013 wurde im Rahmen der Probephase eine zweite Bohrung westlich am Verschluss der Einlagerungskammer 7/750 vorbei in die Kammer gestoßen. Diese hat

bei 23,20 m ein Gebinde mit Betonabschirmung angetroffen. Explosive Gasmischungen wurden in der Kammer 7 nicht festgestellt. Auf Grundlage der Radarmessungen in der ersten Bohrung, die im Salzgestein über der Kammer endete, werden weitere Bohrungen vorbereitet, mit denen der Zustand des Gebirges über der Kammer untersucht werden soll. So werden Fakten für die Planung der Rückholung gesammelt.

**Rückholungsplanung:** Das BfS hat ein Konzept möglicher Zugangsvarianten zu den Einlagerungskammern erarbeiten lassen. Dieses beinhaltet die Untersuchung der notwendigen und möglichen Zugänge zu den einzelnen Kammern auf der 725-m-Sohle und der 750-m-Sohle und die Anschlussmöglichkeiten zum geplanten Bergungsschacht.

**Bergungsschacht:** Um die Abfälle aus der Schachtanlage Asse II zu bergen, ist

ein neuer Schacht erforderlich. Anfang Juni 2013 startete 500 m östlich des bestehenden Hauptschachts 2 die Erkundungsbohrung für einen neuen Schacht (Remlingen 15). Um die Anbindungsmöglichkeiten an das bestehende Grubengebäude und das Salzgestein im Umfeld des neuen Schachtes zu erkunden, sind noch untertägige Bohrungen von der 574-m-Sohle und der 700-m-Sohle aus geplant. Die Auswertung der Befunde wird erste Prognosen über die Eignung des Schachtstandortes erlauben [1].

**Bergetechnik:** Aktuell wird Bergetechnik (Geräte zum Lösen und zum Transport der Abfälle) erprobt, um möglichen Entwicklungsbedarf festzustellen. Parallel wird ein Konzept erarbeitet, das einen offenen Schildvortrieb (ähnlich dem Bauverfahren im Tunnelbau) vorsieht. Die Abfälle würden nach diesem Konzept vor dem Umverpacken unter Tage überwiegend in zerkleinerter Form geborgen.

**Zwischenlager:** Um die geborgenen Abfälle neu zu verpacken und bis zur Endlagerung sicher zu verwahren, werden ein Pufferlager, eine Konditionierungsanlage und ein Zwischenlager benötigt. Die Standortauswahl für das Zwischenlager erfolgt auf der Grundlage eines kriterienbasierten Auswahlverfahrens. Das BfS hat seit 2012 den Kriterienbericht mit der Asse-2-Begleitgruppe als Interessenvertretung der Region intensiv diskutiert. Das BfS wendet die Kriterien zunächst zur Prüfung eines standortnahen Zwischenlagers an, um Transporte und den Umgang mit den radioaktiven Abfällen zu minimieren. Erst nach der Standortfestlegung ist eine konkrete Zwischenlagerplanung möglich [2].

**Rahmenterminplan:** Auf Basis der Vorschläge und weiteren Beschleunigungsmöglichkeiten, die eine BfS-Arbeitsgruppe mit externen Firmen entwickelt hat, wurde der Rahmenterminplan (RTP) vom Mai 2012 überarbeitet, der eine Beschleunigung von drei Jahren für den Rückholungsbeginn ausweist (Stand Mai 2013). Ein wesentliches Beschleunigungspotenzial besteht im parallelen Vorantreiben aller Teilprojekte. Zudem wird mit dem Öffnen einzelner Kammern im Rahmen der Probephase nicht auf die Fertigstellung aller Notfallvorsorgemaßnahmen gewartet.

## Schachtanlage Asse II - Überwachung der Umweltradioaktivität

### Asse II Mine - Environmental Radioactivity Monitoring

*The BfS is actively participating in the monitoring of environmental media as well as effluents from the Asse II Mine. In doing so, it fulfils supervisory obligations. In addition to the measures regulated by law an extended monitoring program is carried out in the vicinity of the Asse Mine.*

**Ansprechpartner:  
Daniel Esch (03018 333-1933)**

Die Ableitungen radioaktiver Stoffe mit der Fortluft aus der Schachtanlage Asse II und ihre Konzentration in der Umgebung werden durch das BfS als Genehmigungsinhaber gemäß einem umfangreichen, deutlich über die gesetzlichen Vorgaben hinausgehenden Messprogramm überwacht.

### Schutz der Bevölkerung und Umwelt

Zum Schutz der Bevölkerung und der Umwelt regelt die Strahlenschutzverordnung (StrlSchV), dass die Ableitung radioaktiver Stoffe aus der Schachtanlage Asse II in die Umgebung zu über-



Immissionsmessstelle auf dem Gelände der Schachtanlage Asse II

wachen ist. Wie dabei vorzugehen ist, legt die Richtlinie zur Emissions- und Immissionsüberwachung kerntechnischer Anlagen (REI [3]) fest. Dabei darf die Summe der Strahlenexpositionen aus der Direktstrahlung und der Strahlenexposition aus Ableitungen für Einzelpersonen der Bevölkerung nicht höher als 1 Millisievert im Kalenderjahr sein.

### Messprogramme zur Emissions- und Immissionsüberwachung

Die aus der Schachtanlage Asse II mit der Grubenluft in die Umgebung abgeleiteten radioaktiven Stoffe werden daher gemäß den gesetzlichen Vorgaben messtechnisch überwacht und es wird außerdem ein Umgebungsüberwachungsprogramm durchgeführt. Als vertrauensbildende Maßnahmen erfolgen ergänzende Untersuchungen (Futtermittel, Grundwasser) und zusätzliche ODL-Messungen in der Umgebung der Schachtanlage Asse II, die über die gesetzlichen und fachlichen Erfordernisse hinausgehen.

### Veröffentlichung der Messwerte und Ergebnisse

Alle Ergebnisse zeigen, dass die Grenzwerte der Strahlenschutzverordnung sicher eingehalten werden. Auf der Internetseite des BfS zur Schachtanlage Asse II [www.asse.bund.de](http://www.asse.bund.de) kann sich jede Bürgerin und jeder Bürger über die durchgeführten Messungen und die Ergebnisse informieren.



Am 25.04.2013 trat das **GESETZ ZUR BESCHLEUNIGUNG DER RÜCKHOLUNG RADIOAKTIVER ABFÄLLE UND DER STILLLEGUNG DER SCHACHTANLAGE ASSE II**, die sog. Lex Asse, in Kraft. Der § 57b Atomgesetz (AtG) wurde neu gefasst. Demnach sollen vor der unverzüglichen Stilllegung der Schachtanlage Asse II die radioaktiven Abfälle zurückgeholt werden. Der gesetzliche Auftrag zur Rückholung ersetzt die abschließende Bewertung, ob die Rückholung gem. §4 Strahlenschutzverordnung (StrlSchV) gerechtfertigt ist. Dies lässt die parallele Durchführung aller für die Rückholung notwendigen Maßnahmen zu, ohne auf die Ergebnisse der Probephase (Faktenerhebung) zu warten.

Unter bestimmten Voraussetzungen können vorbereitende Tätigkeiten bereits während des Genehmigungsverfahrens vor der eigentlichen Zulassung durchgeführt werden. Die Lex Asse erlaubt, für verschiedene Genehmigungsverfahren eine gemeinsame Umweltverträglichkeitsprüfung durchzuführen. Wenn es möglich und sachdienlich ist, können so mehrere der jeweils mindestens zwei Jahre andauernden Verfahren zusammengefasst werden.

Radioaktiv kontaminierte Salzlösungen und Salzgrus, deren Aktivität das Zehnfache der Freigrenzen der StrlSchV nicht überschreitet, können gem. Lex Asse unter Tage bearbeitet, verarbeitet, gelagert oder verwendet werden. Solange diese Voraussetzungen erfüllt sind, ist eine Entsorgung kontaminierter Salzlösungen in die Landessammelstelle nicht mehr notwendig.

Gem. Lex Asse besteht die grundsätzliche Möglichkeit, den Störfallplanungswert für Rückholungs- und Stilllegungsmaßnahmen abweichend von den gesetzlichen Vorgaben (50 mSv) für den Einzelfall durch die Genehmigung festzulegen. Hierbei sind gem. StrlSchV alle technischen Möglichkeiten zur Reduzierung von Strahlenbelastungen zu ergreifen.



Infostelle  
Asse

## Öffentlichkeitsarbeit zur Schachtanlage Asse II

Public Relations Activities

**Ansprechpartner:**

**Ingo Bautz (05336 89631)**

Seit der Übernahme der Betreiberverantwortung im Jahr 2009 hat das BfS ein breites Spektrum an Informationsangeboten zur Stilllegung der Schachtanlage Asse II etabliert. Direkt neben der Schachtanlage in Remlingen bietet die Informationsstelle INFO ASSE eine Ausstellung mit Informationen zu den Rahmenbedingungen, den aktuellen Arbeiten unter Tage sowie zum Stand der Rückholungsplanung. Besucher können sich hier informieren, diskutieren und an Besucherbefahrungen teilnehmen. Über 18.700 Bürgerinnen und Bürger haben das Angebot der INFO ASSE seit 2009 genutzt, im Jahr 2013 taten dies mehr als 4.500 Besucher. In der Region stehen die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter des BfS regelmäßig als Ansprechpartner bei öffentlichen Veranstaltungen und Einsätzen des BfS-Infomobils zur Verfügung. Die Informationsschrift „Asse Einblicke“ wird in regelmäßigen Abständen an die Haushalte rund um die Asse verteilt. Auf der Homepage [4] finden sich aktuelle Meldungen, Hinter-

grundinformationen sowie Unterlagen zum Stilllegungsprozess. Die aktive Öffentlichkeitsarbeit des BfS will durch Transparenz und Sachinformationen die Grundlage für eine Beteiligung der Bevölkerung schaffen. Die im Jahr 2013 in Kraft getretene „Lex Asse“ hat das Recht der Öffentlichkeit auf Information ausgeweitet. Auf der Asse-Internetplattform werden wesentliche Unterlagen und Dokumente veröffent-

licht [5]. Die Stilllegung der Schachtanlage Asse II stellt alle Beteiligten vor große Herausforderungen. Um das gemeinsame Ziel einer sicheren Stilllegung der Schachtanlage Asse II im Dialog mit allen beteiligten Akteuren zu erreichen, wird die Öffentlichkeitsarbeit des BfS beständig weiterentwickelt und um neue Formen der Information und des Dialogs ergänzt.



[4] [www.asse.bund.de](http://www.asse.bund.de)  
[5] [http://www.asse.bund.de/DE/15\\_AsseService/Unterlagen/\\_node.html](http://www.asse.bund.de/DE/15_AsseService/Unterlagen/_node.html)

# Zwischenlagerung von Kernbrennstoffen

## Interim Storage of Spent Fuel Elements

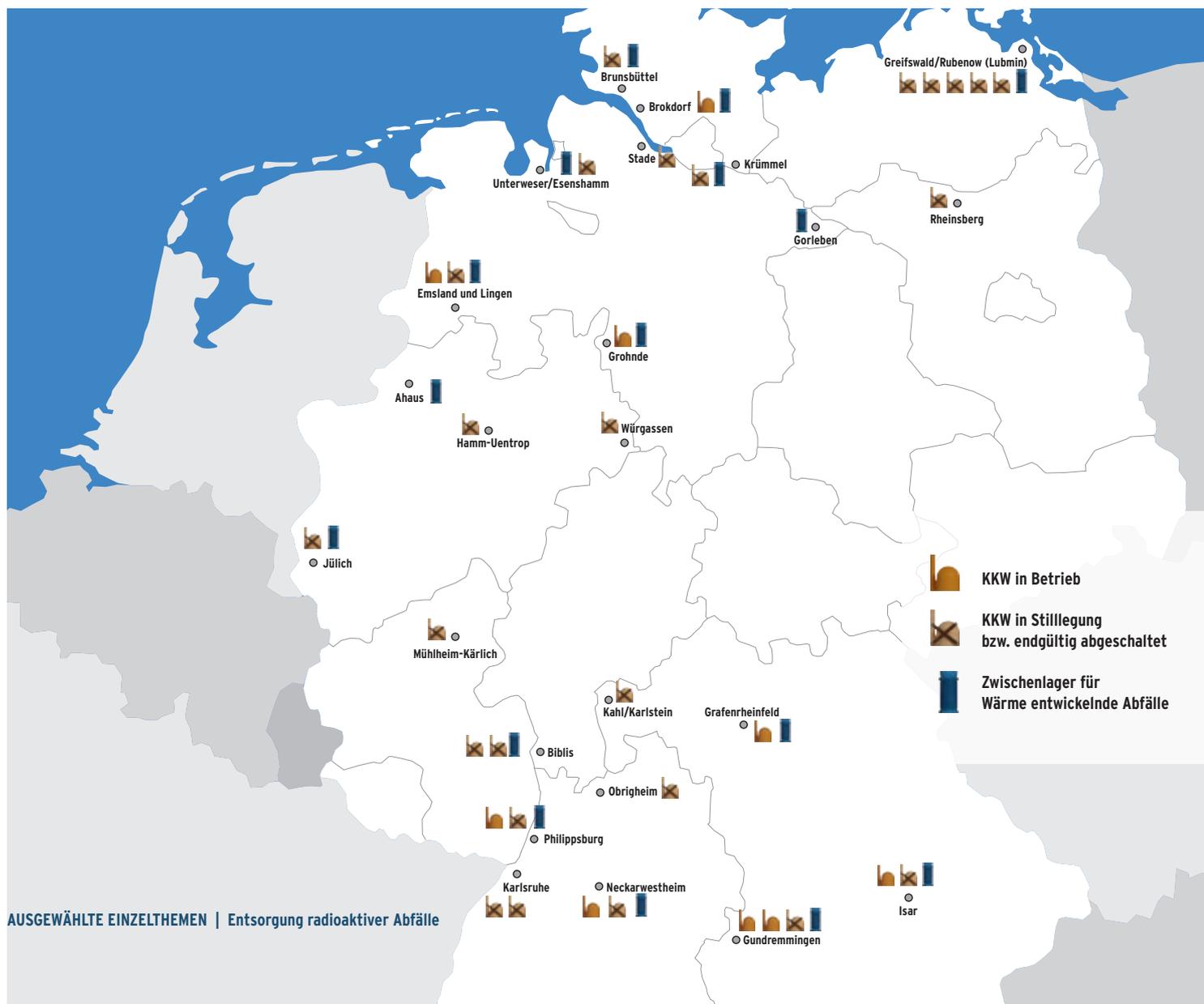
In Germany the Federal Office for Radiation Protection (BfS) is the competent authority for licensing the interim storage of spent fuel elements. The spent fuel elements from the operation of power and research reactors are kept in three central and twelve decentralised interim storage facilities and in the AVR cask interim storage facility in Jülich. Another interim storage facility is applied for at the site of Obrigheim. In 2013 the BfS dealt with amendments to licences for interim storage facilities.

## Fachlicher Ansprechpartner: Werner Noack (03018 333-1760)

**K**ernbrennstoffe, insbesondere bestrahlte Brennelemente aus dem Betrieb von Leistungs- und Forschungsreaktoren, werden in den zentralen Zwischenlagern Transportbehälterlager Ahaus (TBL Ahaus), Transportbehälterlager Gorleben (TBL Gorleben), Zwischenlager Nord (ZLN) in der Nähe von Greifswald sowie in dezentralen Zwischenlagern an den Standorten von Kernkraftwerken und dem AVR-Behälterlager Jülich aufbewahrt. Einen Überblick über die in Betrieb befindlichen zentralen Zwischenlager und Standort-Zwischenlager gibt die Tabelle auf Seite 72. Das BfS ist die

zuständige Genehmigungsbehörde für die Aufbewahrung der Kernbrennstoffe gemäß § 6 Atomgesetz (AtG).

Das BfS hat im Jahr 2013 die Prüfungen der Genehmigungsvoraussetzungen für die Anträge zur Aufbewahrung bestrahlter Brennelemente am Standort Obrigheim und zur weiteren Aufbewahrung der abgebrannten AVR-Kugel-Brennelemente im Behälterlager Jülich sowie zu den Änderungsanträgen für zentrale Zwischenlager und Standort-Zwischenlager fortgesetzt. Für das Standort-Zwischenlager Neckarwestheim wurde im Dezember 2013 die Änderungsgenehmigung zum Einsatz einer modifizierten Bauart des Transport- und Lagerbehälters CASTOR® V/19 erteilt.





Zentrale Zwischenlager (ZL) / Standort-Zwischenlager (SZL)	Erteilung der 1. Genehmigung nach § 6 AtG	Masse SM [Mg]	Stellplätze gesamt (Ende 2013 belegt)	Baubeginn oder Baugenehmigung	Inbetrieb- nahme
TBL Ahaus (ZL)	10.04.1987	3960	420 (56) 329 Behälter	Juli 1984	Juni 1992
TBL Gorleben (ZL)	05.09.1983	3800	420 (113)	Baugen. April 1982	April 1995
TBL im ZLN Rubenow (ZL)	05.11.1999	585	80 (74)	Baugen. Juli 1994	Ende 1999
AVR-Behälterlager Jülich (SZL)	17.06.1993	0,225	158 (152)	Baugen. Feb.1985	August 1993
SZL Biblis	22.09.2003	1400	135 (51)	01.03.2004	18.05.2006
SZL Brokdorf	28.11.2003	1000	100 (21)	05.04.2004	05.03.2007
SZL Brunsbüttel	28.11.2003	450	80 (9)	07.10.2003	05.02.2006
SZL Grafenrheinfeld	12.02.2003	800	88 (21)	22.09.2003	27.02.2006
SZL Grohnde	20.12.2002	1000	100 (22)	10.11.2003	27.04.2006
SZL Gundremmingen	19.12.2003	1850	192 (41)	23.08.2004	25.08.2006
SZL Isar	22.09.2003	1500	152 (31)	14.06.2004	12.03.2007
SZL Krümmel	19.12.2003	775	80 (19)	23.04.2004	14.11.2006
SZL Lingen	06.11.2002	1250	125 (32)	18.10.2000	10.12.2002
SZL Neckarwestheim	22.09.2003	1600	151 (41)	17.11.2003	06.12.2006
SZL Philippsburg	19.12.2003	1600	152 (36)	17.05.2004	19.03.2007
SZL Unterweser	22.09.2003	800	80 (8)	19.01.2004	18.06.2007
SZL Obrigheim	beantragt	100	15	–	–

Nach einer Änderung des Atomgesetzes im Zusammenhang mit dem Standortauswahlgesetz vom Juli 2013 soll die noch für das TBL Gorleben beantragte Aufbewahrung von HAW-Glaskokillen und von verfestigten mittlerradioaktiven Abfällen aus der Wiederaufarbeitung bestrahlter Brennelemente im Ausland zukünftig auf standortnahe Zwischenlager verteilt werden.

#### Gerichtsurteil zum Zwischenlager Brunsbüttel

Das BfS hat im Rahmen der Genehmigungsverfahren nach § 6 Abs. 2 Nr. 4 AtG insbesondere auch zu prüfen, ob der erforderliche Schutz gegen Störmaßnahmen oder sonstige Einwirkungen Dritter (SEWD) gewährleistet ist. Seit den Terroranschlägen vom 11.09.2001 stellt der Luftverkehr trotz der bekannten hohen Sicherheitsstandards aus Sicht islamistischer Täter ein exponiertes Anschlagziel dar. Auch wenn in den letzten Jahren und

aktuell keine Erkenntnisse vorliegen, die auf eine konkrete Gefährdung ortsfester kerntechnischer Einrichtungen hindeuten, hat das BfS im Rahmen der Prüfungen gemäß § 6 Abs. 2 Nr. 4 AtG neben der Betrachtung von Terror- und Sabotageakten die Auswirkungen des gezielten Absturzes eines Großraumflugzeuges auf ein Zwischenlager untersucht. Im Ergebnis seiner Prüfungen hat das BfS festgestellt, dass bei allen zu betrachtenden Szenarien die Eingreifrichtwerte für den Katastrophenschutz von 100 Millisievert (mSv) effektive Dosis für eine Evakuierung nicht erreicht würden.

Im Juni 2013 hat das OVG Schleswig der Klage gegen die Genehmigung für das Standort-Zwischenlager Brunsbüttel stattgegeben. Die Genehmigung von November 2003 sei als rechtswidrig aufzuheben, da die Voraussetzungen des § 6 Abs. 2 Nr. 4 AtG nicht erfüllt seien. Die Beklagte habe im Genehmigungsverfahren sowohl das

erforderliche Maß des Schutzes gegen terroristische Einwirkungen in Gestalt eines gezielten (gelenkten) Absturzes eines Verkehrsflugzeuges als auch die Risiken des Szenarios eines terroristischen Angriffs auf das Standort-Zwischenlager mit panzerbrechenden Waffen fehlerhaft ermittelt und bewertet. Die Revision wurde vom OVG Schleswig nicht zugelassen. Hiergegen hat die Bundesrepublik Deutschland, vertreten durch das Bundesamt für Strahlenschutz, als Beklagte Nichtzulassungsbeschwerde eingelegt. Das BfS hat bei der Genehmigung des Zwischenlagers das geltende Regelwerk angewandt. Bei der Prüfung des Flugzeugabsturzes ist es gegen den Widerstand des Betreibers sogar darüber hinaus gegangen. Bis zur Rechtskraft des Urteils besteht die Genehmigung für das Standort-Zwischenlager Brunsbüttel fort. Ein weiteres Gerichtsverfahren ist beim OVG Lüneburg bzgl. der Genehmigung für das Standort-Zwischenlager Unterweser anhängig.

# Transporte von radioaktiven Stoffen und Kernbrennstoffen

## Transport of Radioactive Material and Nuclear Fuel

*In Germany the Federal Office for Radiation Protection (BfS) is the competent authority for licensing shipment and package design in the field of safe transport of radioactive material. In this function BfS takes also actively part in the further development of international regulations for the safe transport of radioactive material at the International Atomic Energy Agency and other international organisations. Overall the BfS issued 113 licences for the shipment of nuclear fuels and large sources and 24 package design approval certificates in 2013.*

**Fachlicher Ansprechpartner:  
Frank Nitsche (03018 333-1770)**

## Zuständigkeiten

**A**uf dem Gebiet des Transports von radioaktiven Stoffen und Kernbrennstoffen ist das BfS die zuständige Behörde zur Erteilung von Beförderungsgenehmigungen für alle Verkehrsträger gemäß § 4 Atomgesetz (AtG) für Kernbrennstoffe und § 16 Strahlenschutzverordnung (StrlSchV) für Großquellen. Außerdem ist das BfS gemäß Gefahrgutbeförderungsgesetz und den darauf beruhenden Verordnungen zuständig für die

Erteilung von verkehrsrechtlichen Beförderungsgenehmigungen sowie für die Zulassung und Anerkennung von Transportbehältern. Auf gefahrgutrechtlichem Gebiet berät das BfS als Mitglied des Ausschusses Gefahrgutbeförderung (AGGB) das Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) hinsichtlich der Belange der Klasse 7 (Radioaktive Stoffe). In diesem Rahmen wird durch das BfS auch der Vorsitz und die Geschäftsführung für die Arbeitsgruppe „Klasse 7“ wahrgenommen, durch die alle Fragen der sicheren Beförderung von radioaktiven Stoffen behandelt werden.

Messung der Ortsdosisleistung an der Oberfläche des Transportfahrzeugs während eines CASTOR-Transportes



© ALEX DOMANSKI/Reuters/Corbis

### **Erstzulassung des Transport- und Lagerbehälters TN 24 E**

Mit der erstmaligen Erteilung der verkehrsrechtlichen Zulassung für den Behälter TN 24 E am 24. Juli 2013 wurde ein sehr umfangreiches und komplexes Zulassungsverfahren erfolgreich abgeschlossen. Dieser Behälter soll als Transport- und Lagerbehälter für bestrahlte Druckwasserreaktor-Brennelemente als weiterer Behältertyp neben den CASTOR®-Behältern in den deutschen Zwischenlagern eingesetzt werden. Als ein wesentlicher Teil des Zulassungsverfahrens wurde die Eignung von Berechnungsverfahren für die Bestimmung der Radionuklidzusammensetzung der bestrahlten Brennelemente durch Vergleiche mit experimentellen Ergebnissen überprüft. Neu und hinsichtlich der Überprüfung anspruchsvoll an diesem Verfahren war der erweiterte Anwendungsbereich bzgl. der Berücksichtigung von Spaltprodukten für den Nachweis der Kritikalitätssicherheit zusätzlich zu den Uran- und Plutoniumisotopen. Außerdem wurde auch die Berechnung der Zusammensetzung und Strahlungsintensität der Brennelemente für höhere Brennelementabbrände in die Überprüfung einbezogen.

### **Internationale Aktivitäten und aktuelle Rechtsprechung**

Auf internationalem Gebiet wurde die Mitarbeit des BfS bei der Weiterentwicklung der Sicherheitsstandards zum Transport radioaktiver Stoffe bei der Internationalen Atomenergie-Organisation (IAEO) und der Europäischen Union (EU) fortgesetzt. Zu den 2012 herausgegebenen IAEO-Empfehlungen zum sicheren Transport radioaktiver Stoffe (Specific Safety Requirements No. SSR-6) sowie dem erläuternden Material dazu (TS-G-1.1) wurden nach Aufforderung der IAEO von der Arbeitsgruppe „Klasse 7“ des Gefahrgutverkehrsbeirats des BMVI unter Leitung des BfS Kommentare erarbeitet und über das BMVI an die IAEO übersandt. Zur Vorbereitung der rechtsverbindlichen Umsetzung der IAEO-Empfehlungen von 2012 in das internationale und nationale Regelwerk (ab 1. Januar

2015 in Deutschland in den gefahrgutrechtlichen Vorschriften für alle Verkehrsträger) wurde im März 2013 eine Informationsveranstaltung für die zuständigen Bundes- und Landesbehörden durchgeführt. Das BfS informierte dabei über den Inhalt der neuen Regelungen, hierbei insbesondere über die Neustrukturierung der Vorschriften für spaltbare Stoffe und über die neuen behördlichen Genehmigungsverfahren für „spaltbar freigestellte Stoffe“ sowie für die Freistellung bestimmter radioaktiver Stoffe in Form von „Instrumenten und Fabrikaten“ aus dem Geltungsbereich der gefahrgutrechtlichen Vorschriften. Weiterhin beteiligte sich das BfS an der Ausarbeitung eines Leitfadens der IAEO über den Nachweis der Sicherheit von Transport- und Lagerbehältern für bestrahlte Brennelemente. Einen weiteren Schwerpunkt der internationalen Arbeit stellte die Teilnahme des BfS am 17. Internationalen Symposium zur Verpackung und zum Transport radioaktiver Stoffe (PATRAM 2013, 18. - 23. August) dar. PATRAM ist weltweit das größte Symposium auf diesem Fachgebiet und findet alle drei Jahre unter Teilnahme von Vertretern von Behörden, Industrie sowie Forschungs- und Entwicklungsinstitutionen statt. Die BfS-Vertreter stellten in ihren Vorträgen neueste Erkenntnisse und Erfahrungen zur Regelwerksfortentwicklung und -umsetzung vor, wobei insbesondere die Vorstellung des BfS-Konzepts zur Gewährleistung der Abtransportierbarkeit von Transport- und Lagerbehältern während und nach der Zwischenlagerzeit auf große Resonanz stieß.

Hinsichtlich der Rechtssprechung ist hervorzuheben, dass am 14. März 2013 das Bundesverwaltungsgericht (BVerwG) auf die Klagen zweier Anwohner gegen die erteilte Genehmigung für einen Transport von hochradioaktiven verglasten Abfällen (Glaskokillen) zum Transportbehälterlager Gorleben, der im November 2003 durchgeführt wurde, entschieden hat. Demnach können Dritte unter bestimmten Voraussetzungen die Einhaltung der Genehmigungsverordnungen gemäß § 4 AtG gericht-

lich überprüfen lassen. Damit wurde ein bisher umstrittenes juristisches Problem zur grundsätzlichen Frage des Drittschutzes bei atomrechtlichen Transporten abschließend geklärt.

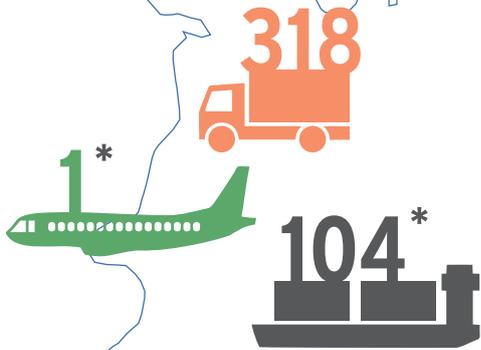
### **Statistische Angaben**

Im Jahre 2013 wurden insgesamt 111 Beförderungsgenehmigungen (Einzel-, Mehrfach- und allgemeine Genehmigungen) für Kernbrennstoffe und Großquellen erteilt. Es wurden 10 Transporte von Großquellen und 423 Transporte von Kernbrennstoffen durchgeführt. Entsprechend den gefahrgutrechtlichen Anforderungen wurden durch das BfS 17 Versandstückmusterzulassungen und 7 Anerkennungen ausländischer Zulassungen für Transportbehälter sowie 2 verkehrsrechtliche Beförderungsgenehmigungen erteilt.

Eine Aufgliederung der statistisch erfassten Transporte von Kernbrennstoffen ist in der nachfolgenden Darstellung wiedergegeben. Informationen über die vom BfS erteilten Beförderungsgenehmigungen nach § 4 AtG für Kernbrennstoffe sowie nach § 16 StrlSchV für Großquellen und die erho-benen statistischen Angaben über die durchgeführten Kernbrennstofftransporte können den Internetseiten des BfS ([www.bfs.de](http://www.bfs.de)) entnommen werden. Dort finden sich auch Informationen zu den Zulassungsverfahren für Transportbehälter einschließlich erteilter Zulassungen und Anerkennungen, die im Jahr 2013 umfassend überarbeitet und aktualisiert wurden.

# 423 Kernbrennstofftransporte in 2013

348 unbestrahlt 73 bestrahlt 2 Abfall/Reststoffe



## 35 Inlandstransporte

- 34 unbestrahlt
- 1 bestrahlt



## 388 Grenzüberschreitende Transporte

- 211 unbestrahlt
- 72 bestrahlt
- 1 unbestrahlt
- 102 unbestrahlt
- 2 Abfall / Reststoffe

\* Bei kombinierten Transporten werden See + Straße als Seetransport und Luft + Straße als Lufttransport erfasst.

# Aktuelle Fragen zur Sicherheit in der Kerntechnik

---

Topical Questions  
Concerning Nuclear Safety

---

Sicherheitsziele für kerntechnische  
Anlagen

---

Stilllegung kerntechnischer Anlagen  
im internationalen Kontext

---

Meldepflichtige Ereignisse in  
kerntechnischen Einrichtungen 2013

© FIREFLY PRODUCTIONS/CORBIS

# Sicherheitsziele für kerntechnische Anlagen

## Safety Goals for Nuclear Installations

A technical document has been elaborated in the frame of the IAEA activities to provide guidance to form a systematic and consistent structure of safety goals taking into account national experiences. This structure is a hierarchical framework in which the high-level safety goals are related to more detailed technical safety goals. Safety goals are developed for the operational states and accident conditions, in particular for different types of nuclear facilities and activities. The approach discussed may both contribute to a more systematic development of a safety goals framework, e. g. as a useful tool for newcomer countries, and provide a possibility to verify, restructure and improve an already existing framework.

**Ansprechpartner:**  
**Heinz Peter Berg (03018 333-1501)**

Im Rahmen der Arbeiten der Internationalen Atomenergiebehörde (IAEA) zur Erhöhung der Sicherheit kerntechnischer Anlagen ist in den letzten drei Jahren bei der IAEA ein technisches Dokument zu Sicherheitszielen für kerntechnische Anlagen erarbeitet worden, das als Hilfestellung für eine systematische Entwicklung oder Überprüfung von Sicherheitszielen dienen soll. In dieses Dokument sind nationale Erfahrungen aus verschiedenen Ländern eingeflossen. Auch das BFS hat bei der Erstellung des Dokuments intensiv mitgewirkt, insbesondere beim Kapitel Anwendung der Struktur der Sicherheitsziele, und die Erfahrungen in Deutschland eingebracht.

In diesem Dokument ist eine hierarchische Struktur von Sicherheitszielen in vier Ebenen und die Vorgehensweise zum Nachweis für deren Einhaltung entwickelt worden. Dabei werden die allgemein gehaltenen Sicherheitsziele auf den oberen Ebenen (z. B. Schutz von Mensch und Umwelt vor der schädlichen Wirkung ionisierender Strahlen) mit sehr konkreten Sicherheitszielen auf den unteren Ebenen (z. B. radiologische Grenzwerte für die Bevölkerung, Anzahl von redundanten Sicherheitssystemen) korreliert. Diese Hierarchie (Abb. unten) soll für alle Arten kerntechnischer Anlagen und alle Betriebszustände sowie Unfallbedingungen anwendbar sein.

Die technische Detaillierung der Sicherheitsziele, insbesondere auf der untersten Ebene, hängt dann vom jeweiligen Anlagentyp ab (z. B.

Sicherheitsziele für kerntechnische Anlagen



## Primäres Ziel

Leben, Gesundheit und Sachgüter sind vor den Gefahren der Kernenergie und der schädlichen Wirkung ionisierender Strahlen zu schützen.

Atomgesetz

Strahlenschutzverordnung

Sicherheitsanforderungen an Kernkraftwerke

## Adäquater Schutz

Für Einzelpersonen der Bevölkerung beträgt der Grenzwert der effektiven Dosis durch Strahlenexpositionen ein Millisievert im Kalenderjahr.  
Freisetzungen radioaktiver Stoffe in die Umgebung der Anlage, die räumlich umfangreiche und zeitlich lang andauernde Maßnahmen des anlagenexternen Notfallschutzes erfordern (große Freisetzung), sind auszuschließen oder die radiologischen Auswirkungen soweit zu begrenzen, dass Maßnahmen des anlagenexternen Notfallschutzes nur in räumlich und zeitlich begrenztem Umfang erforderlich werden.

Sicherheitsanforderungen an Kernkraftwerke

## Generelle Sicherheitsvorkehrungen

Eine hohe Sicherheitskultur ist aufrecht zu erhalten und kontinuierlich zu verbessern.  
Ein gestaffeltes Sicherheitskonzept ist zu realisieren und aufrechtzuerhalten.

Eingreifwert von 100 mSv als Summe aus effektiver Dosis durch äußere Exposition in sieben Tagen und effektiver Folgedosis durch die in diesem Zeitraum inhalieren Radionuklide für die Evakuierung der Bevölkerung.

Radiologische Grundlagen für Entscheidungen über Maßnahmen zum Schutz der Bevölkerung bei unfallbedingten Freisetzungen von Radionukliden

## Spezifische Sicherheitsvorkehrungen

Hüllrohrtemperatur muss kleiner sein als 1.200 °C  
Durch Änderungen an Maßnahmen, Einrichtungen oder der Betriebsweise der Anlage darf sich die mittlere Kernschadenshäufigkeit und die mittlere Häufigkeit für große und frühe Freisetzungen für den Leistungs- und Nichtleistungsbetrieb gegenüber dem ungeänderten Zustand der Anlage nicht verschlechtern.

Sicherheitsanforderungen an Kernkraftwerke

Beispiele für Formulierungen von Sicherheitszielen

Quelle der Sicherheitsziele

### Ebene der Sicherheitsziele

Beispielhafte Anwendung des Ansatzes der IAEA auf das deutsche Regelwerk

Kernkraftwerk, Forschungsreaktor, Zwischenlager). Die Festlegung einer maximalen Kernschadenshäufigkeit ist z. B. für ein Zwischenlager oder eine Konditionierungsanlage nicht sinnvoll.

Ein zentraler Punkt bei der Erarbeitung des Dokuments war die Diskussion von Sicherheitszielen für einen Standort, z. B. mit mehreren Kernkraftwerken, aus denen dann ein Sicherheitsziel für eine einzelne Anlage abgeleitet wird. Der Unfall in Fukushima im März 2011 hat das Interesse an dieser Thematik schlagartig erhöht.

Der vorgeschlagene Ansatz ist auch für Standorte mit sehr verschiedenen kerntechnischen Anlagen anwendbar, für die ein vergleichbares und akzeptiertes Sicherheitsniveau erforderlich ist. So existiert z. B. in Kanada ein Standort mit 21 verschiedenen kerntechnischen Anlagen.  
Das Dokument soll einerseits Ländern helfen, die zukünftig die Kerntechnik nutzen wollen, andererseits aber auch Ländern mit kerntechnischen Anlagen als Basis dienen, um die Vollständigkeit ihrer Sicherheitsziele zu überprüfen. Da die Festlegung von Sicher-

heitszielen und zu deren Erfüllung abzuleitende Sicherheitsvorkehrungen in den einzelnen Ländern sehr unterschiedlich sind, wird das Dokument auch nationale Beispiele enthalten. Dass sich dieser erarbeitete Ansatz auch auf die deutsche Regulationssituation mit sehr vielen Festlegungen in Gesetzen, Verordnungen und kerntechnischen Regeln anwenden lässt, zeigt beispielhaft die Tabelle oben.

# Stilllegung kerntechnischer Anlagen im internationalen Kontext

## Decommissioning of Nuclear Facilities in the International Context

*International organisations like the International Atomic Energy Agency (IAEA) in Vienna or the Nuclear Energy Agency (NEA) in Paris have set up programmes, which are relevant for decommissioning. By participating in the mentioned programmes and activities BfS is able to introduce German decommissioning experience into the works of the organisations.*

### Ansprechpartner/in:

**Bernd Rehs (03018 333-1547)**

**Kerstin Kühn (03018 333-1061)**

Internationale Institutionen wie die Internationale Atomenergiebehörde (International Atomic Energy Agency, IAEA) in Wien sowie die Atomenergie-Agentur (Nuclear Energy Agency, NEA) der Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (OECD) in Paris haben stilllegungsrelevante Programme zum Informationsaustausch aufgesetzt. Darüber hinaus gibt es auf europäischer Ebene bei der geplanten Genehmigung der Stilllegung Informationspflichten an die Europäische Kommission. Bei den nachfolgend genannten internationalen Aktivitäten waren im Jahr 2013 Mitarbeiter des Bundesamtes für Strahlenschutz (BfS) beteiligt, wodurch deutsche Stilllegungserfahrungen in die Arbeiten eingeflossen sind.

Die IAEA unterhält eine Reihe von stilllegungsspezifischen Programmen. Hierzu zählt das „International Decommissioning Network (IDN)“, ein internationales Informationsnetzwerk, welches als Forum für Betreiber und Behördenvertreter zum Austausch von praktischen Erfahrungen im Bereich der Stilllegung gegründet wurde. Das „International Project on Decommissioning Risk Management (DRiMa-Pro-

jekt)“ befasst sich mit dem Risikomanagement in Bezug auf die Stilllegung. Es ist Ziel des Projektes, auf Basis praktischer Erfahrungen in den Teilnehmerländern Empfehlungen für die Anwendung von Risikomanagement während der Planung und Durchführung der Stilllegung zu erarbeiten.

Seit dem Jahr 2011 werden die stilllegungsrelevanten Sicherheitsanforderungen der IAEA mit dem Titel „Decommissioning of Facilities using Radioactive Material“ aus dem Jahr 2006 aktualisiert. Die Mitgliedsstaaten der IAEA hatten die Gelegenheit, den Entwurf der Sicherheitsanforderungen bis Anfang des Jahres 2013 zu kommentieren. Die zukünftigen Sicherheitsanforderungen sollen als Teil 6 der Allgemeinen Sicherheitsanforderungen (General Safety Requirements Part 6, GSR-6) voraussichtlich gegen Ende des Jahres 2014 veröffentlicht werden.

Das bei der IAEA geschlossene „Gemeinsame Übereinkommen über die Sicherheit der Behandlung abgebrannter Brennelemente und über die Sicherheit der Behandlung radioaktiver Abfälle (Joint Convention on the Safety of Spent Fuel Management and on the Safety of Radioactive Waste Management)“ erstreckt sich auch auf die Stilllegung. Das BfS hat sich im Jahr 2013 an der Aktualisierung u. a. der stilllegungsrelevanten Passagen des deutschen Berichtes für die im Jahr 2015 stattfindende Überprüfungs-tagung beteiligt.

Die Nuclear Energy Agency (NEA) ist eine Institution innerhalb der Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (OECD) mit Sitz in Paris. Die meisten Arbeiten zur Stilllegung sind bei der Working Party on Decommissioning and Dismantling (WPDD) angesiedelt. In der WPDD treffen sich Stilllegungsexperten aus verschiedenen Ländern unter Beteiligung von Vertretern anderer

internationaler Institutionen wie z. B. der IAEA. In Anbetracht zunehmender Stilllegungsaktivitäten weltweit ist im Jahr 2013 das Thema Vorbereitung der Stilllegung während des Betriebs und nach endgültiger Abschaltung der Kernkraftwerke in den Fokus des Interesses der WPDD gerückt. Für eine im Jahr 2013 initiierte Arbeitsgruppe zum Thema Standortsanierung (Nuclear Site Restoration) sind Beiträge des BfS geplant.

Nach Artikel 37 des Euratom-Vertrages ist jeder Mitgliedsstaat verpflichtet, der Europäischen Kommission allgemeine Angaben über Pläne zur Ableitung radioaktiver Stoffe zu übermitteln. Dies umfasst in der Regel auch die Stilllegung und den Abbau von Kernreaktoren. Das BfS unterstützt das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB) bei der Prüfung von deutschen Berichtsentwürfen mit den allgemeinen Angaben gemäß den Empfehlungen der Europäischen Kommission.

Die Teilnahme von Vertretern des BfS an stilllegungsrelevanten internationalen Aktivitäten dient der gegenseitigen Information und dem wissenschaftlichen Austausch über Methoden und Erkenntnisse sowie der Ermittlung und Weiterentwicklung des Standes von Wissenschaft und Technik auf dem Gebiet der Stilllegung kerntechnischer Anlagen. Weitergehende Informationen zum internationalen Informationsaustausch zur Stilllegung sind auf der BfS-Internetseite [1] zu finden.

# Meldepflichtige Ereignisse in kerntechnischen Einrichtungen 2013

## Reportable Events in Nuclear Facilities 2013

*On behalf of the Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation, Building and Nuclear Safety (BMUB), the Federal Office for Radiation Protection (BfS) is responsible for the registration, documentation and evaluation of reportable events in nuclear facilities. The BfS performs an initial assessment of the reported events and informs the involved nuclear authorities, the expert organisations, the manufacturers and the operators of nuclear power plants as well as the general public in monthly, quarterly and annual reports. These reports contain all reportable events in nuclear power plants, research reactors and other nuclear facilities. Below an overview of the reportable events of the last year based on the German reporting criteria is given.*

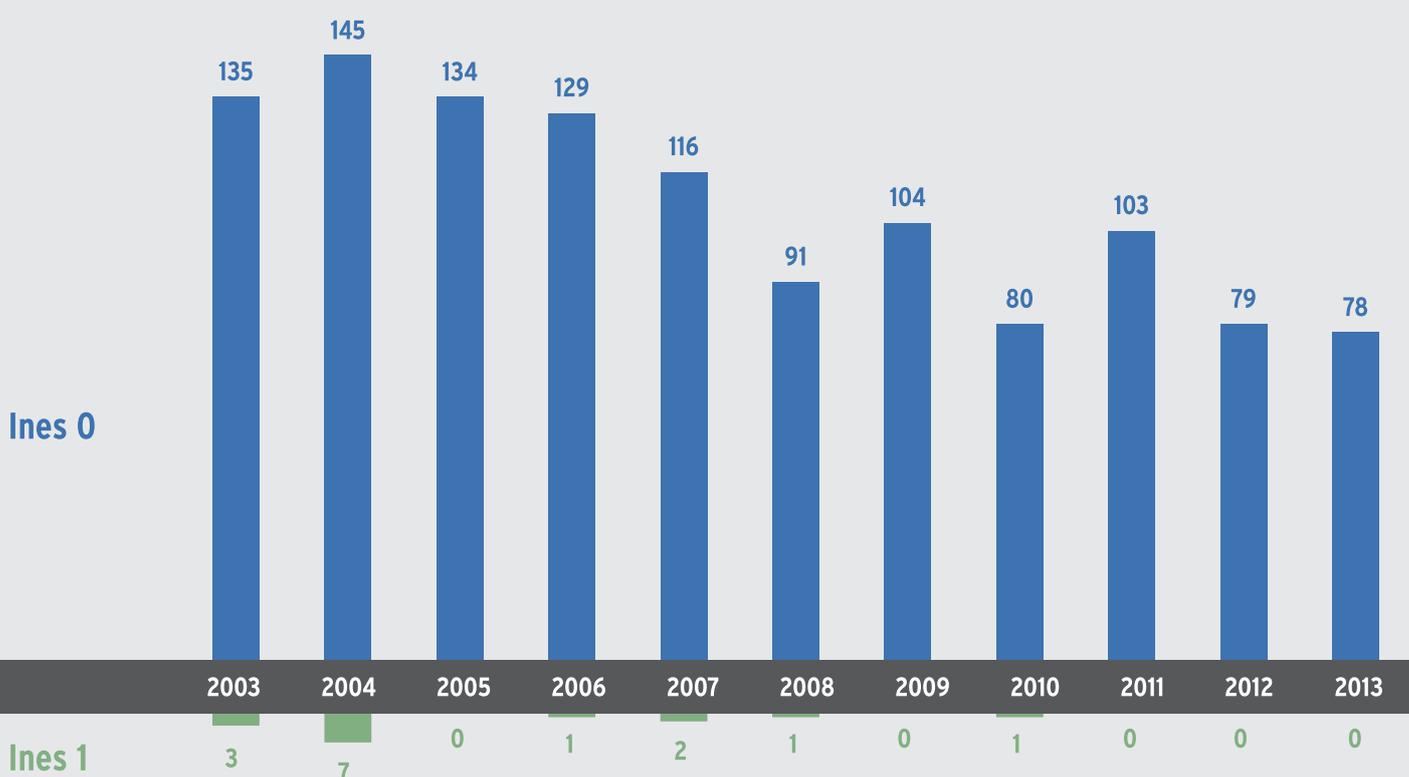
**Ansprechpartner:  
Matthias Reiner (03018 333-1570)**

## Nationales und internationales Meldeverfahren

Im Auftrag des BMUB werden durch das BfS die Informationen über alle meldepflichtigen Ereignisse zentral erfasst und dokumentiert. Das BfS führt eine Erstbewertung der gemeldeten Ereignisse einschließlich deren Einstufung durch, berichtet darüber dem BMUB (Monatsberichte) und informiert in vierteljährlichen Berichten alle atomrechtlichen Landesbehörden, Hersteller und Betreiber der Kernkraftwerke sowie auf der Internetseite des BfS in monatlichen und jährlichen Berichten die Öffentlichkeit über die meldepflichtigen Ereignisse in Kernkraftwerken, Forschungsreaktoren und sonstigen kerntechnischen Anlagen.

Störfälle und andere wesentliche Ereignisse in kerntechnischen Anlagen müssen von den Betreibern an die jeweils zuständigen Landesaufsichtsbehörden gemeldet werden. Ergänzend zu dem behördlichen deutschen Meldeverfahren erfolgt die Einstufung der meldepflichtigen Ereignisse für Zwecke der Öffentlichkeitsarbeit nach der internationalen Bewertungsskala INES – International Nuclear Event Scale. Ausführliche Erläuterungen zum Meldeverfahren finden sich auf der Homepage des BfS [\[1\]](#).

## Meldepflichtige Ereignisse 2003 bis 2013 in deutschen Kernkraftwerken\*



\*In deutschen Kernkraftwerken gab es bisher nur die Meldestufen INES 0 und INES 1

## Meldepflichtige Ereignisse 2013

Im Jahr 2013 wurden aus den deutschen Kernkraftwerken 78 meldepflichtige Ereignisse gemeldet. Von den 78 Ereignissen, die sich 2013 ereigneten, wurden 77 Ereignisse in die Meldekategorie N (Normalmeldung) und ein Ereignis in die Meldekategorie E (Eilmeldung) eingestuft. Bei diesem Ereignis im Kernkraftwerk Neckarwestheim Block 2 wurde während der Revision am 06.10.2013 festgestellt, dass eine sicherheitstechnische Armatur in einer Einspeiseleitung des nuklearen Nachkühlsystems nicht zur Verfügung stand.

Da auch das zweite Teilsystem, über das die Notnackkühlung bei sehr seltenen Ereignissen wie z. B. einem Flugzeugabsturz erfolgt, einen Tag zuvor zu Wartungszwecken außer Betrieb genommen worden war, hätte die Notnackkühlung für den Zeitraum von ca. 40 Stunden nicht zur Verfügung gestanden. Dieses Ereignis wurde im Monatsbericht Oktober 2013 des BfS beschrieben. Alle Ereignisse wurden der INES-Stufe 0 (keine oder sehr geringe sicherheitstechnische Bedeutung) zugeordnet. Zu allen gemeldeten Ereignissen finden sich kurze Ereignisbeschreibungen in den Monatsberichten des Berichtsjahres 2013 auf der BfS-Homepage [2].

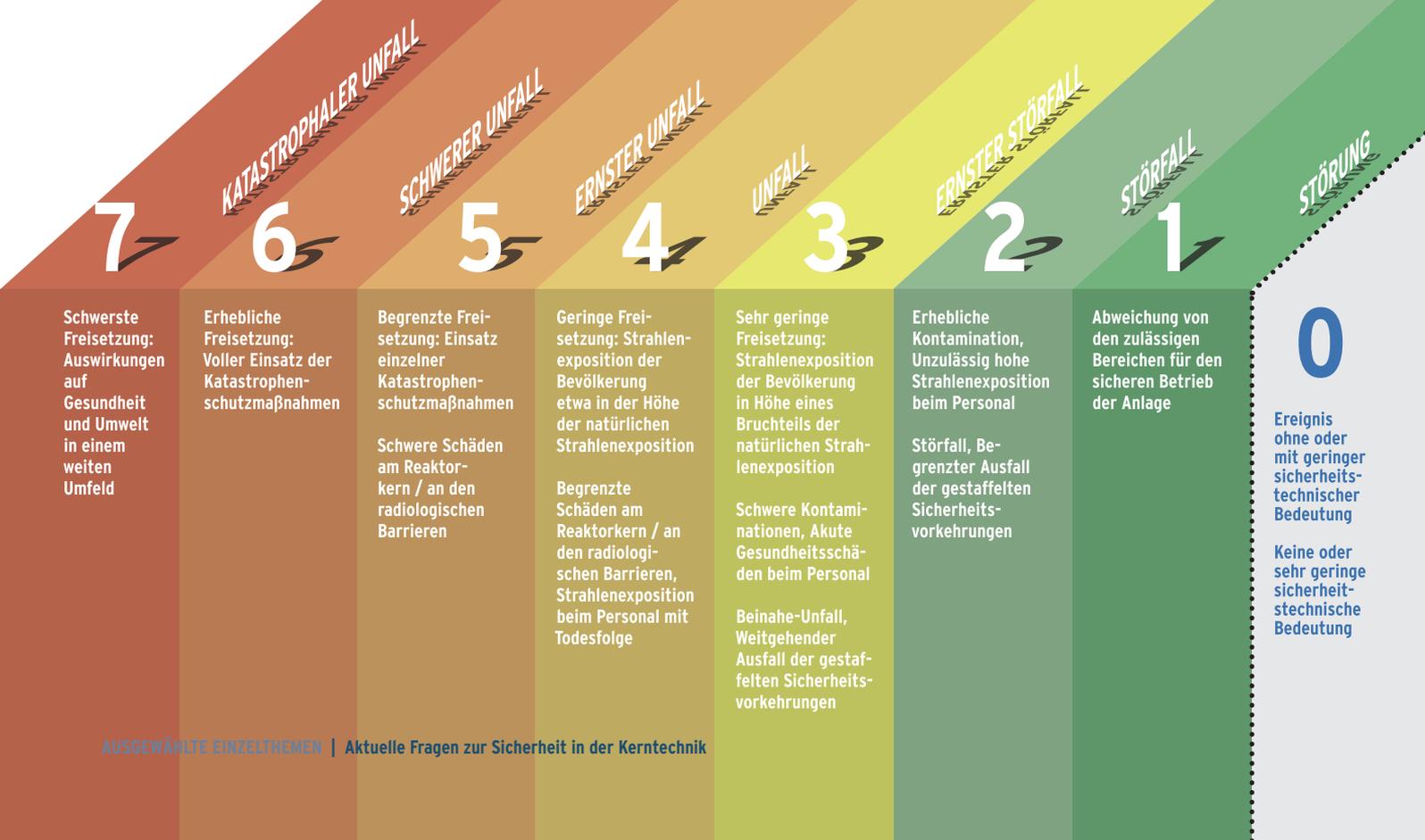
Das Diagramm auf Seite 80 zeigt eine Übersicht über die in den Jahren 2003 bis 2013 aus den deutschen Kernkraftwerken gemeldeten meldepflichtigen Ereignisse, aufgeschlüsselt entsprechend ihrer sicherheitstechnischen Bedeutung nach den einzelnen INES-Stufen.

Aus den deutschen Forschungsreaktoren mit mehr als 50 kW thermischer Dauerleistung wurden im Jahr 2013 3 meldepflichtige Ereignisse erfasst (2012: 1); die Ereignisse wurden in die Meldekategorie N und in die INES-Stufe 0 eingestuft. Aus den Anlagen zur Kernbrennstoffver- und -entsorgung wurden im Jahr 2013 insgesamt 14 Ereignisse gemeldet (2012: 14). Alle 14 Ereignisse wurden in die Meldekategorie N eingestuft und der INES-Stufe 0 zugeordnet.

[1] <http://www.bfs.de/de/kerntechnik/ereignisse/stms.htm>  
 [2] [http://www.bfs.de/de/kerntechnik/ereignisse/berichte\\_meldepflichtige\\_ereignisse/monatsberichte.htm](http://www.bfs.de/de/kerntechnik/ereignisse/berichte_meldepflichtige_ereignisse/monatsberichte.htm)

## Systematik der internationalen Bewertungsskala

# INES





---

# **Der Umwelt- forschungsplan des Bundesumwelt- ministeriums - Forschung zur Stärkung der nuklearen Sicherheit und des Strahlenschutzes**

---

The Environmental Research  
Programme of the Federal  
Environmental Ministry –  
Research for Strengthening  
Nuclear Safety and Radiation  
Protection



---

*Since regulatory procedures must be tied as closely as possible to the current state of the art of science and technology, the Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation, Building and Nuclear Safety has established in its responsibility a comprehensive environmental research programme. One part of this programme which is mainly implemented and managed by BfS supports the goal to provide a profound basis for governmental decision making processes in order to enhance nuclear safety and radiation protection in Germany. Thus, a major task of BfS is to evaluate the results of the research programme with respect to a further implementation in ordinances, guidelines and other types of governmental or operational rules.*



rechtliche Grundlagen zu schaffen und komplexe Sachverhalte zu bewerten, welche die Einbeziehung externen Sachverständigen erfordern. Dazu stehen dem BMUB Haushaltsmittel im Rahmen der aufgabengebundenen Ressortforschung zur Verfügung, um Untersuchungen, Gutachten und Studien zur Klärung von Einzelfragen an Universitäten, Forschungsinstitute, Sachverständigenorganisationen oder Unternehmen der freien Wirtschaft zu vergeben.

Die zur Lösung aktuell anstehender Probleme und Fragestellungen durchzuführenden Untersuchungen, Gutachten und Studien unterliegen einem jährlichen Planungsprozess mit Prioritätensetzung und sind Bestandteil des jährlichen Umweltforschungsplanes (UFOPLAN), der alle geplanten Ressortforschungsvorhaben des BMUB mit umweltpolitischer Bedeutung umfasst. Die Liste der prioritär durchzuführenden Vorhaben des Umweltforschungsplanes wird zu Beginn eines jeden Jahres auf der Homepage des BMUB veröffentlicht. Das BfS unterstützt das BMUB fachlich und wissenschaftlich auf den Gebieten des Strahlenschutzes und der kerntechnischen Sicherheit. Hierunter fällt auch die Mitwirkung bei der Planung und Ausführung des UFOPLANs.

Das BfS ist – neben der verwaltungsmäßigen Ausführung des UFOPLANs – insbesondere für die Initiierung, fachliche Begleitung und Auswertung einzelner Untersuchungsvorhaben verantwortlich. Dabei kommt der Umsetzung der Ergebnisse dieser Untersuchungsvorhaben in behördliches Handeln eine besondere Bedeutung zu. Die Ergebnisse der Ressortforschung finden Eingang bei der Novellierung von Gesetzen und Verordnungen, Erstellung von Richtlinien, Regeln und Leitfäden sowie bei der Erteilung von Genehmigungen und bei Zulassungsverfahren für Anwendungen mit radioaktiven Stoffen oder ionisierender Strahlung im medizinischen Bereich.

Für die kerntechnische Sicherheit haben sich aus der Aufarbeitung der Reaktorkatastrophe von Fukushima,

Japan, und der daraufhin durchgeführten Sicherheitsbewertungen und europaweiten Stresstests der in Deutschland noch in Betrieb befindlichen Kernkraftwerke zahlreiche Fragestellungen ergeben, die einer eingehenden Analyse bedürfen. In den Mittelpunkt der Betrachtungen sind sicherheitstechnische Untersuchungen zur Robustheit der Anlagen bei schweren Störfällen und gegen übergreifende Einwirkungen von innen (EVI) und außen (EVA) sowie Untersuchungen zur Vorsorge bei Ereignissen mit lang andauernden Notstromszenarien gerückt. Weitere Fragestellungen ergeben sich aus dem laufenden Betrieb und der Nachbetriebsphase der Kernkraftwerke. So müssen von der Auslegung abweichende Werkstoffbefunde und die zugehörigen Schädigungsmechanismen untersucht und einer Bewertung zugeführt werden. Sicherheitstechnische Untersuchungen der Nachbetriebsphase haben die Integrität des Lagerbeckens und die Sicherstellung der Kühlung der entladenen Brennelemente unter Störfallbedingungen zum Gegenstand.

Hinsichtlich der Störfallvorsorge bedürfen die von den Betreibern eingeführten Methoden und Maßnahmen des Sicherheitsmanagements und die Rolle der Sicherheitskultur einer grundsätzlichen Überprüfung. Methoden und Bewertungskriterien zur externen Überprüfung der Wirksamkeit von Managementsystemen sowie zur Erfassung und Beurteilung der Sicherheitskultur sind daher zu entwickeln.

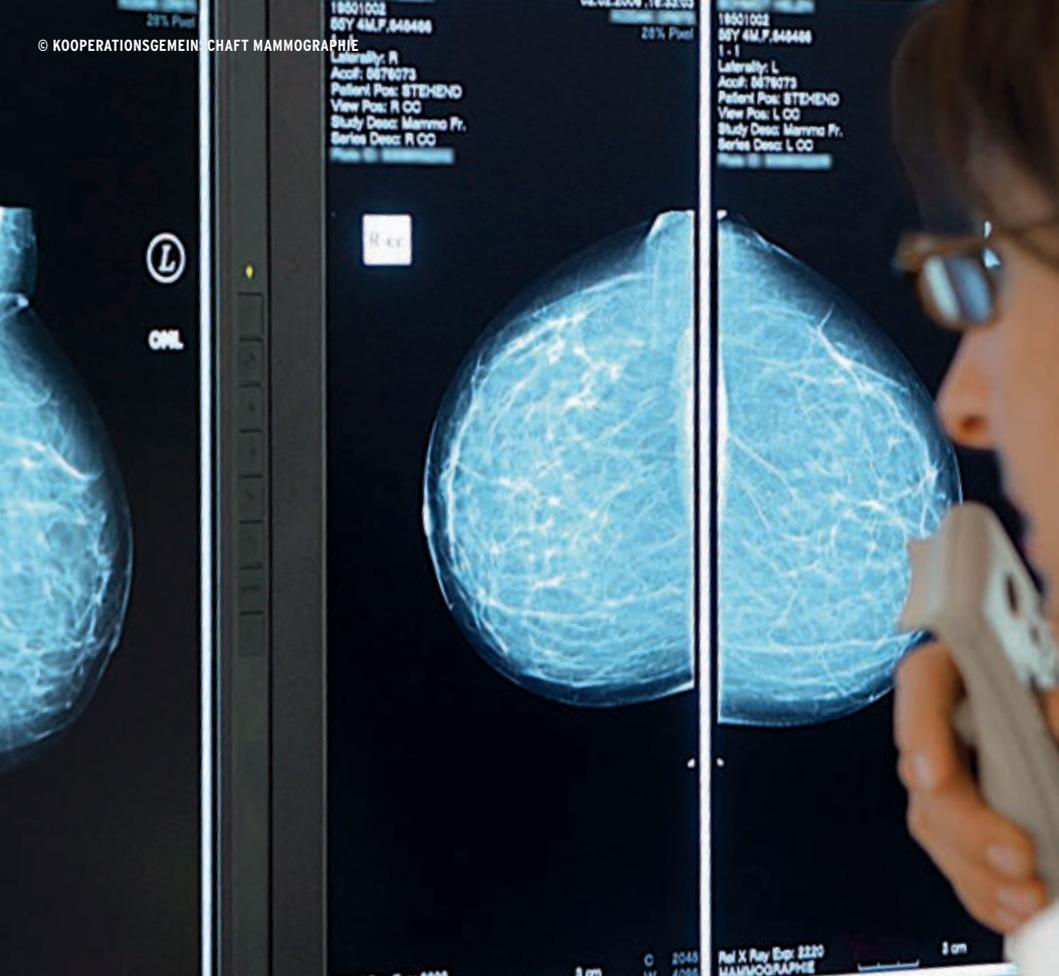
Im Bereich der Entsorgung radioaktiver Abfälle sind sicherheitstechnische Fragestellungen zum Langzeitverhalten von Behältern und Behälterinventaren im Zusammenhang mit der längerfristigen Zwischenlagerung bestrahlter Brennelemente und verglaster hochradioaktiver Abfälle zu klären. Schwerpunkt auf dem Gebiet der Endlagerung radioaktiver Abfälle bilden methodische Weiterentwicklungen der Instrumentarien für die Langzeitsicherheitsanalyse der Endlagerung Wärme entwickelnder radioaktiver

---

**Ansprechpartner:**  
**Udo Volland (03018 333-1510)**

---

**Z**ur Durchführung seiner gesetzlichen Aufgaben auf den Gebieten der Reaktorsicherheit, der nuklearen Ver- und Entsorgung und des Strahlenschutzes hat das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB) technisch-wissenschaftliche Fragen von grundsätzlicher Bedeutung für die Sicherheit kerntechnischer Einrichtungen und den Schutz des Menschen vor den Gefahren ionisierender und nichtionisierender Strahlung zu klären. Für anstehende Entscheidungen sind wissenschaftlich-technische und



Jede Mammographie-Aufnahme wird im Programm zur Brustkrebs-Früherkennung von mindestens zwei besonders geschulten Fachärztinnen oder -ärzten beurteilt.

Abfälle in tiefen geologischen Formationen. Insbesondere durch den mit der Verabschiedung des Standortauswahlgesetzes angestoßenen Prozess, der offenen Suche nach einem bestmöglichen Endlagerstandort für Wärme entwickelnde radioaktive Abfälle, sind diese Instrumentarien für die in Frage kommenden, unterschiedlichen Wirtsgesteinsformationen bereitzustellen und zu vervollkommen.

Aktuelle Themen des Strahlenschutzes betreffen die biologischen Wirkungsmechanismen der ionisierenden Strahlung im Niedrig-Dosisbereich und eine verbesserte Quantifizierung des strahlenbedingten Krebsrisikos der allgemeinen Bevölkerung. Zu klärende Fragen bestehen auch bezüglich eines möglichen kausalen Zusammenhangs zwischen ionisierender Strahlung und Nichtkrebserkrankungen wie z. B. Herz-Kreislauf-Erkrankungen. Auf dem Sektor des beruflichen Strahlenschutzes stehen die Expositionsermittlung und Expositionsabschätzung des fliegenden Personals und die Erhebung und Überwachung der Strahlenexposition der Augenlinse, die letztlich zur

Augenlinsentrübung führen kann, bei strahlenexponierten Berufsgruppen aus dem medizinischen Arbeitsbereich im Fokus der Betrachtungen. Für den Bereich des medizinischen Strahlenschutzes sind zwei Themenschwerpunkte zu verzeichnen: Zum einen ist unter strahlenhygienischen Gesichtspunkten die über einen Zeitraum von zehn Jahren angelegte Evaluation zur Nutzen-Risiko-Bewertung des deutschen Mammographie-Screening-Programms hinsichtlich der langfristigen Wirkung auf die Brustkrebsmortalität von besonderer Bedeutung. Zum anderen verursacht der zunehmende Einsatz der Computer-Tomografie (CT) in der medizinischen Diagnostik inzwischen den Großteil der zivilisatorischen Strahlenexposition der Bevölkerung. Deshalb kommt der Erfassung und Bewertung der Strahlenexposition der Patientinnen und Patienten sowie der Rechtfertigung und Optimierung der Untersuchungsverfahren strahlenhygienisch ein hoher Stellenwert zu. Andere wichtige Themenfelder betreffen die Freigabe von Reststoffen aus der Stilllegung kerntechnischer Einrichtungen, die Begrenzung der

natürlichen Strahlenexposition durch Radon und Radonfolgeprodukte sowie die gesundheitlichen Auswirkungen der nichtionisierenden elektromagnetischen Strahlung in den verschiedenen Frequenzbereichen. Hierzu zählen u. a. die Expositionen durch starke magnetische Felder bei der medizinischen Diagnostik mit der Magnetresonanztomographie (MRT), bei niedrigen Frequenzen durch den Stromnetzausbau, bei hohen Frequenzen durch verschiedene Kommunikationstechnologien als auch die Anwendung von UV-Strahlung im Wellnessbereich.

Im Jahr 2013 wurden vom BfS insgesamt 167 Untersuchungsvorhaben administrativ betreut. Hiervon lag für 106 Vorhaben die fachliche Begleitung und Projektsteuerung bei Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern des BfS. An Ausgaben entfielen für die Durchführung der Ressortforschung im Jahr 2013 von den vom BMUB bereitgestellten Haushaltsmitteln 5,5 Mio. € auf den Bereich Strahlenschutz und 19,8 Mio. € auf den Bereich der kerntechnischen Sicherheit (Reaktorsicherheit einschließlich Entsorgung). Für die vom BfS fachlich begleiteten Ressortforschungsvorhaben werden die Ergebnisse in Form der Abschlussberichte in der BfS-Schriftenreihe „Ressortforschungsberichte zur kerntechnischen Sicherheit und zum Strahlenschutz“ veröffentlicht und zur Information der fachlich interessierten Öffentlichkeit als pdf-Dateien zum Download auf der Internetseite des BfS bereitgestellt.

Nachstehend werden Zielsetzung, Vorgehensweise und Gegenstand des UFOPLANs exemplarisch anhand einzelner abgeschlossener Vorhaben aus den verschiedenen Arbeitsfeldern des BfS verdeutlicht.

# Führen niederfrequente Magnetfelder zu neurodegenerativen Erkrankungen?

## Do Low Frequency Magnetic Fields Cause Neurodegenerative Diseases?

*Epidemiological studies suggest that occupational exposure to low frequency magnetic fields might represent a risk factor for the development of neurodegenerative diseases. To verify this, the BfS funded an experimental study at the Institute for Pathobiochemistry of the University Medical Center of the Johannes Gutenberg University in Mainz. Transgenic mice representing animal models of Alzheimer's disease and amyotrophic lateral sclerosis were continuously life long exposed to magnetic fields of 1 Millitesla. Based on tissue analysis and behavioural tests, a negative influence of magnetic fields on the course and pathology of both diseases in mice could not be confirmed.*

**Ansprechpartnerin:**  
**Blanka Pophof (03018 333-2146)**

In der Umgebung von elektrischen Geräten, Stromkabeln und Hochspannungsleitungen treten niederfrequente elektrische und magnetische Felder auf. Einige Beobachtungsstudien an Menschen (epidemiologische Studien) deuten darauf hin, dass eine lang andauernde, vor allem beruflich bedingte Exposition mit niederfrequenten Magnetfeldern, wie z. B. in Elektrizitätswerken, ein erhöhtes Risiko darstellen könnte, neurodegenerative Erkrankungen wie die Alzheimer-Demenz oder die Amyotrophe Lateralsklerose (ALS, eine degenerative Erkrankung des motorischen Nervensystems) zu entwickeln. Diese bisher unheilbaren Erkrankungen treten altersabhängig auf. Ein geringer Anteil ist erblich bedingt. Neben einer genetischen Veranlagung gelten Umwelteinflüsse als eine der möglichen Ursachen für ihr Auftreten.

Alzheimer-Patienten entwickeln einen fortschreitenden Gedächtnisverlust und damit einhergehend schwerwie-

gende Veränderungen der Persönlichkeit. Diese werden durch das Absterben bestimmter Nervenzellen im Gehirn verursacht. Ein Kennzeichen der Alzheimer Demenz sind Ablagerungen des Amyloid- $\beta$ -Peptids, das aus dem Amyloid- $\beta$ -Vorläuferprotein (APP) entsteht. Mutationen im APP-Gen sind für wenige genetisch bedingte Fälle der Erkrankung verantwortlich.

Bei der ALS sind Nervenzellen besonders im Rückenmark betroffen, die Bewegungen steuern. Deren Absterben führt zu Muskelschwund und damit zu Lähmungen. Ein Teil der familiären Fälle wird durch Mutationen im Gen der Cu/Zn-Superoxiddismutase (SOD1), einem Enzym der oxidativen Abwehr, verursacht.

In einer vom BfS geförderten Studie am Institut für Pathobiochemie der Johannes Gutenberg Universität in Mainz wurde untersucht, ob niederfrequente Magnetfelder unter kontrollierten Laborbedingungen einen Einfluss auf den Verlauf neurodegenerativer Erkrankungen ausüben. In den dort durchgeführten Experimenten, die 2013 zum Abschluss kamen, wurden Mausmodelle für die Alzheimer Demenz und die ALS eingesetzt, die defekte menschliche Gene für APP beziehungsweise SOD1 in sich tragen. Die Tiere des APP-Mausmodells entwickeln fortschreitend Proteinablagerungen im Gehirn und zeigen

Beeinträchtigungen im Lernverhalten, das sich, ähnlich der menschlichen Krankheit, altersabhängig verschlechtert. Mäuse, die mutierte Formen der SOD1 bilden, entwickeln eine ALS-ähnliche Krankheit, die viele Kennzeichen der menschlichen Erkrankung zeigt und zu einem krankheitsbedingten vorzeitigen Ableben der Tiere führt. Die Tiere wurden entweder dauerhaft in einem niederfrequenten Magnetfeld (1 Millitesla) exponiert, das mit Spulen erzeugt wurde, durch die elektrischer Strom floss, oder in baugleichen Modulen scheinexponiert.

Verhaltensbiologische Untersuchungen von gealterten Tieren des Alzheimer-Modells zeigten zunächst keine negative Beeinflussung der Lernfähigkeit in Abhängigkeit von den Magnetfeldern. Bei der nachfolgenden biochemischen und immunhistologischen Analyse des Gehirns konnte bei exponierten Tieren keine größere Menge an Proteinablagerungen beobachtet werden als in scheinexponierten Tieren.

Bei der Analyse der Mausmodelle der ALS wurde keine Veränderung in Bezug auf die Lebenserwartung in Abhängigkeit von der Exposition beobachtet. Die biochemischen und immunhistochemischen Untersuchungen (Immunhistochemie: Färbemethode für Gewebeprobe mit Hilfe von Antikörpern) des Rückenmarksgewebes

Schematische Darstellung einer aktiven Nervenzelle



zeigten keine expositionsbedingte Veränderung der Aktivität der SOD1. Ferner wurden keine Veränderungen der Menge an Proteinaggregaten, die ein wichtiges Merkmal der ALS darstellen, bei der Entzündungsreaktion im Nervensystem, bei wichtigen intrazellulären Signalwegen und dem oxidativen Status des Gewebes beobachtet. Lediglich der Gehalt einiger Hitzeschockproteine war verändert. Gleichzeitig trat bei erkrankten Tieren eine geringfügige, expositionsbedingte Erhöhung der Körpertemperatur auf.

In dieser vor allem mit Blick auf die Anzahl der untersuchten Tiere und die analysierten Parameter sehr umfangreichen experimentellen Studie wurden erstmals Mausmodelle für neurodegenerative Erkrankungen einer lebenslangen Exposition mit niederfrequenten Magnetfeldern ausgesetzt. Zusammenfassend haben die Untersuchungen gezeigt, dass niederfrequente Magnetfelder in diesen Modellen keinen entscheidenden Einfluss auf krankheitsrelevante molekulare Prozesse ausüben und auf diesen experimentellen Ergebnissen gründend kein ursächlicher Zusammenhang zwischen niederfrequenten Magnetfeldern und dem Verlauf von neurodegenerativen Erkrankungen feststellbar war. Infolge der hohen Tierzahl hat die Studie eine sehr hohe statistische Aussagekraft. Eine Einschränkung besteht darin, dass Ergebnisse von Tierversuchen nicht direkt auf den Menschen übertragbar sind.

Expositionsmodule mit Spulen zur Erzeugung niederfrequenter Magnetfelder



## Schädigt Terahertz-Strahlung die Erbsubstanz?

### Does Terahertz Radiation Damage the Genetic Material?

*Terahertz radiation belongs to the non-ionising part of the electromagnetic spectrum and covers the frequency range from 0.1 to 20 THz between microwaves and infrared. Up to now, only a limited number of studies have investigated effects of THz-radiation on human cells. In this study, two different skin cell types have been exposed to Terahertz radiation of 106 GHz, 380 GHz and 2.5 THz. The induction of DNA strand breaks and micronuclei has been analysed with the COMET assay and the micronucleus test. As a result, no DNA strand breaks were observed as a consequence of THz-exposure and the THz fields did not cause chromosomal damage in the form of micronucleus induction.*

**Ansprechpartnerin:  
Monika Asmuß (03018 333-2147)**

Die Frage, ob Terahertz-Strahlung die Erbsubstanz schädigt, wurde in einem Forschungsprojekt an menschlichen Hautzellen untersucht. Es wurden keine schädigenden Wirkungen beobachtet.

Terahertz (THz)-Strahlung umfasst den Frequenzbereich von ca. 100 Gigahertz bis ca. 20 Terahertz und liegt innerhalb des elektromagnetischen Spektrums zwischen Mikrowellen und Infrarot. Sie kann Papier, Kleidung, Mauerwerk, Kunststoff und Keramik durchdringen, was prinzipiell vielfältige Anwendungsmöglichkeiten eröffnet, zum Beispiel in der Qualitätsprüfung oder in der Medizin- und Sicherheitstechnik. Die Nutzung dieser hohen Frequenzen wurde bisher durch die aufwändigen, teuren und großformatigen Sender und Empfänger limitiert. In den letzten Jahren wurde jedoch der Weg zu kostengünstigeren, kompakteren und mobilen Terahertz-Quellen bereitet, so dass mit breiterer Nutzung in den Bereichen Sicherheitstechnik, Materialprüfung, Datenübertragung, medizinische Bildgebung und Bioanalytik gerechnet werden kann.

Relevant für die breitere Bevölkerung wäre beispielsweise der Einsatz aktiver Terahertz-Scanner bei der Personenkontrolle auf Flughäfen. Die bisher eingesetzten Scanner arbeiten im Millimeterwellenbereich mit Frequenzen unter 100 GHz. Begrenzt werden die Einsatzmöglichkeiten von THz-Strahlung durch die geringe Eindringtiefe im Gewebe und die starke Absorption durch Wasser.

Bisher haben sich nur wenige Projekte wie das EU-Programm THz-BRIDGE systematisch mit biologischen Wirkungen von Terahertz-Strahlung bis 140 GHz befasst. Dort wurden von einer Arbeitsgruppe erbgutschädi-



Exposition der Zellen im umgebauten Inkubator. Hier: Kontrolle der Inkubatorposition

gende Wirkungen der THz-Strahlung in menschlichen Blutzellen (Lymphozyten) beschrieben. Andere Arbeitsgruppen fanden derartige Effekte allerdings nicht.

Das UFOPLAN-Vorhaben „Gentoxische Effekte von Terahertz-Strahlung in vitro“ hatte zum Ziel, den im THz-BRIDGE-Projekt (Abschlussbericht unter [1]) beschriebenen Effekten nachzugehen und darüber hinaus die Datenlage im Frequenzbereich über 300 GHz zu verbessern, der auch im THz-BRIDGE-Projekt nicht berücksichtigt worden war.

Wegen der geringen Eindringtiefe von THz-Strahlung wurden zwei Arten menschlicher Hautzellen als relevante, oberflächennahe Zielzellen untersucht. Keratinozyten (HaCaT-Zellen) und Fibroblasten wurden für mehrere Stunden THz-Strahlung mit den Frequenzen 106 GHz, 380 GHz und 2,5 THz ausgesetzt.

Parallel dazu wurden in einem weiteren Projekt Verfahren zur Bestimmung der Exposition von Personen entwickelt. Dazu wurde das Eindringen der Strahlung in den menschlichen Körper im Hinblick auf eine geeignete Dosimetrie rechnerisch simuliert

und praxistaugliche messtechnische Verfahren vorgeschlagen.

Als biologische Endpunkte wurde die Bildung von Mikrokernen sowie das Auftreten von DNA-Strangbrüchen betrachtet. Mikrokern entstehen, wenn ganze Chromosomen oder Teile von Chromosomen bei der Zellteilung nicht in die Tochterzellen integriert werden. Ursache können Chromosomenbrüche sein (dabei gehen Teile von Chromosomen verloren) oder Störungen bei der Verteilung der Chromosomen auf die Tochterzellen. Dann gehen ganze Chromosomen verloren.

In keiner der beiden Hautzelllinien führte die Terahertz-Bestrahlung zu Schäden. Weder zeigten sich Hinweise auf DNA-Strangbrüche noch traten bei den bestrahlten Zellen mehr Mikrokern auf als in nicht bestrahlten Kontrollzellen. Die Hinweise aus dem THz-BRIDGE-Programm konnten also nicht bestätigt werden.

Während der ursprünglich geplanten Laufzeit des Projektes wurden in einer anderen Studie nach Befeldung mit 106 GHz spezielle Störungen des Zellteilungsprozesses in einer Hams-

ter-Mensch-Hybridzelllinie beschrieben. Um diesen Hinweisen Rechnung zu tragen, wurde das Projekt aufgestockt und zeitlich verlängert. In einem zusätzlichen Arbeitspaket wurde die Empfindlichkeit des Mikrokerntests dadurch erhöht, dass 10.000 statt wie bei diesem Test üblich nur 2.000 Zellen ausgewertet wurden. Zudem wurde die Expositionsdauer auf 24 Stunden verlängert, um auch empfindliche Phasen des Zellteilungszyklus zu erfassen.

Auch unter diesen verschärften Versuchsbedingungen wurden jedoch durch die Terahertz-Exposition keine Mikrokern induziert. Es gab also auch hier keine Hinweise darauf, dass Chromosomen geschädigt oder die Verteilung der Chromosomen auf die Tochterzellen durch die Terahertzstrahlung beeinträchtigt wurde.

Der ausführliche Abschlussbericht kann unter [2] im Volltext abgerufen werden. Ein Zwischenbericht des Projektes zur Bestimmung der Exposition von Personen ist unter [3] verfügbar.

[1] <http://www.frascati.enea.it/THz-BRIDGE/reports/Thz-BRIDGE%20Final%20Report.pdf>  
 [2] <http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:0221-2013081411010>  
 [3] [http://www.emf-forschungsprogramm.de/akt\\_akt\\_emf\\_forschung.htm/dosi\\_HF\\_005.html](http://www.emf-forschungsprogramm.de/akt_akt_emf_forschung.htm/dosi_HF_005.html)

# Beeinflusst der Behördenfunk die kognitive Leistungsfähigkeit der Einsatzkräfte?

## Does the Police Radio Influence Cognitive Performance of Emergency Crews?

*In the present study, possible effects of exposure with signals of TETRA headsets (sham, SAR values of 1.5 W/kg and 6 W/kg) on brain activity of humans were investigated during sleep and waking. A special exposure setup was developed. Thirty young healthy male volunteers have been investigated for nine days and nine nights. Every volunteer was exposed three times each with 1.5 and 6 W/kg and three times with sham exposure in a double blind randomised cross-over study design. Several physiological effects on brain activity in various directions were observed. There was no consistent relationship between these effects and exposure intensity. No impairment of sleep quality, wakefulness, cognitive functioning and working memory could be observed.*

**Ansprechpartnerin:  
Blanka Pophof (03018 333-2146)**

In Deutschland wird für Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben ein neues Digitalfunknetz aufgebaut und in Betrieb genommen, das nach dem TETRA-Standard arbeitet. TETRA (Terrestrial Trunked Radio) verwendet einen Frequenzbereich um 400 MHz. Die Wirkung des TETRA-Signals auf den Menschen ist wesentlich weniger erforscht als die des Mobilfunks. Für Berufsgruppen, die den Behördenfunk verwenden (Polizei, Feuerwehr, Rettungsdienst), ist nach den derzeit gültigen Arbeitsschutzregelungen eine höhere lokale Exposition am Kopf und Rumpf (bis 10 W/kg) zulässig als für die allgemeine Bevölkerung (bis 2 W/kg). Ergänzend zu den bisher durchgeführten wissenschaftlichen Studien zur elektromagnetischen Umweltverträglichkeit von TETRA-Funksignalen hat die Bundesanstalt für den Digitalfunk der Behörden und Organisationen

mit Sicherheitsaufgaben zwei Studien in Auftrag gegeben, die den Einfluss der Endgeräte bei den Einsatzkräften untersuchten. Die Studie des BfS zur Exposition der Nutzer durch die mobilen Endgeräte wurde bereits 2012 abgeschlossen.

Die zweite, 2013 abgeschlossene Studie wurde an der Berliner Charité durchgeführt. Untersucht wurden mögliche Einflüsse einer Exposition mit dem TETRA-Signal auf die Gehirnaktivität im Wachzustand und im Schlaf bei zwei unterschiedlichen spezifischen Absorptionsraten (SAR: 1,5 W/kg und 6 W/kg) im Vergleich zu einer Scheinexposition. Dabei diente der Schlaf als Modellsystem, um mögliche generelle Auswirkungen des Behördenfunks auf die Gehirnaktivität zu überprüfen. Das Schlaf-EEG (Elektroenzephalogramm) wurde während einer gleichmäßigen Exposition über die gesamte Dauer des Nachtschlafes registriert. Weiterhin wurden subjektive Angaben zur Schlafqualität sowie zur Erholbarkeit des Schlafes und zur Befindlichkeit am Morgen abgefragt. Am Tag wurde ein möglicher Einfluss der Exposition auf die Gehirnaktivität in Ruhe und während der Durchführung von Tests zur kognitiven Leistungsfähigkeit ermittelt.

30 gesunde Männer im Alter von 18 bis 30 Jahren aus der Gruppe der potenziellen Nutzer des Behördenfunks wurden jeweils neun Nächte und Tage im Abstand von etwa einer Woche untersucht. Jeder Proband durchlief – nach dem Zufallsprinzip verteilt – alle neun Bedingungen (cross-over Design) und zwar je dreimal die Bedingungen Scheinexposition, TETRA 1,5 W/kg und TETRA 6 W/kg. Weder dem Probanden noch dem Studienpersonal war bekannt, welche Expositionsbedingung gerade angewendet wurde (doppelblind).

Zur Exposition der Testpersonen wurde eine linksseitig flach am Kopf getragene Antenne entwickelt, die

eine mit einem echten Endgerät verursachte Exposition simuliert. Sie kann bequem mehrere Stunden, auch während des Schlafes getragen werden. Die tatsächliche Exposition einzelner Hirnareale wurde berechnet. Die Expositionsanlage verursacht am Kopf eine oberflächliche Erwärmung von bis zu 1°C. In einer Vorstudie wurde bestätigt, dass die Probanden subjektiv nicht in der Lage sind, die tatsächliche Erwärmung ohne bzw. mit unterschiedlicher Exposition zu unterscheiden.

Die Analyse des Schlafes ergab bei insgesamt 76 untersuchten Parametern zu Schlafstadien, Schlafkontinuität und Weckreaktionen in der Nacht nur vier signifikante Ergebnisse. Sie betrafen die Gesamtschlafzeit und den Anteil bestimmter Schlafstadien. Bei den Tests am Tag zeigten sich keine Hinweise, dass eine Exposition mit TETRA einen Einfluss auf Wachheit bzw. Schläfrigkeit hat. Die Analyse von drei unterschiedlichen, langsamen Hirnpotenzialen, die eine kognitive Verarbeitung von visuellen und akustischen Reizen abbilden, ergab in einem der Tests einen Effekt, die anderen zwei Potenziale blieben unverändert. Eine erste Auswertung des Ruhe-EEGs (Elektroenzephalogramm) zeigte bei den zahlreichen durchgeführten Tests zwar mehr statistisch signifikante Ergebnisse als zufallsbedingt erwartet wurden, systematische Effekte und ein Einfluss der Stärke der Exposition waren aber nicht zu erkennen. Von den insgesamt drei Tests zur Aufmerksamkeit war lediglich bei einem die Schwankungsbreite der Reaktionszeit verändert, nicht aber der Mittelwert. Im Test zum Arbeitsgedächtnis zeigten sich einzelne signifikante Effekte in den einfacheren, nicht aber in den schwierigeren Tests.

Insgesamt bedeuten die Ergebnisse, dass eine Exposition mit dem TETRA-Signal bis 6 W/kg einen physiologischen Einfluss auf die Gehirnaktivität haben kann, dieser ist aber bei 6 W/kg



Testperson mit am Kopf aufgeklebten EEG-Elektroden und der am linken Ohr befestigten Flachantenne zur Exposition

nicht größer als bei 1,5 W/kg und auch nicht größer als der Einfluss, der bereits in früheren Studien zu den Mobilfunksignalen GSM und UMTS beobachtet wurde. Er bedeutet keine Beeinträchtigung des Schlafes oder der kognitiven Leistungsfähigkeit.

Mit der hier auf Gruppenebene durchgeführten statistischen Analyse können nur relativ starke Effekte nachgewiesen werden. Personenbezogene Analysen könnten dagegen wertvolle Informationen über mögliche Effekte auf individueller Ebene liefern. Anzumerken ist, dass die Ergebnisse für eine Stichprobe gesunder junger Männer gelten, sie können weder auf andere Altersgruppen und Frauen noch auf Personen mit gesundheitlicher Beeinträchtigung (wie z. B. Schlafstörungen, Erkrankungen des ZNS) übertragen werden. Um diese Wissenslücken zu schließen, sind weitere Studien geplant.

## Wie entsorgt man NORM-Rückstände?

### How to Dispose of NORM Residues?

*Naturally occurring radioactive material (NORM) can accrue in mining and processing industries. The utilisation and disposal of NORM is regulated within the scope of the Radiation Protection Ordinance (Part 3 Chapter 3 §§ 97ff StrlSchV). Depending on their characteristics, their intended utilisation and removal, different surveillance limits were introduced (see Annex XII Part B StrlSchV). According to the Closed-Cycle Management Act (KrWG), NORM can be released from regulatory control in order to be disposed of, if it is in compliance with § 98 StrlSchV. A research project (3610R03250) has identified two major problems of NORM disposal: firstly, the number of landfill sites for NORM is decreasing and secondly, the number of landfill operators accepting NORM is decreasing, too. A possible solution to this challenge would be a landfill site specifically designed for NORM.*

### Fachliche Ansprechpartner/in:

**Karin Kugel (03018 333-1910)**

**Markus R. Schmidt (03018 333-1951)**

**Bernd Hoffmann (03018 333-4210)**

In Industrie und Bergbau können Rückstände mit erhöhter natürlicher Radioaktivität entstehen (NORM – naturally occurring radioactive material). Die Entsorgung von NORM-Rückständen fällt in den Regelungsbereich der Strahlenschutzverordnung (Teil 3 Kapitel 3 §§ 97ff StrlSchV). In Abhängigkeit von deren Eigenschaften und den Verwertungs- und Beseitigungswegen gelten nach Anlage XII Teil B StrlSchV abgestufte Überwachungsgrenzen. Eine Entlassung dieser NORM-Rückstände für eine Entsorgung nach dem Kreislaufwirtschaftsgesetz (KrWG) ist unter Beachtung von § 98 StrlSchV möglich. Das BfS-Untersuchungsvorhaben „Bestandsaufnahme und Prognose von NORM Rückständen für die Endlagerung in einem Endlager für radioaktive Abfälle“ (3610R03250) hat zwei Hauptprobleme bei der Entsorgung von NORM-Rückständen identifiziert:

Erstens nehmen die Deponien ab, auf denen prinzipiell NORM-Rückstände entsorgt werden können und zweitens sinkt auch die Akzeptanz zur Annahme dieser NORM-Rückstände auf den noch bestehenden Deponien. Eine Möglichkeit besteht in der Errichtung einer Deponie speziell für NORM-Rückstände. Das Untersuchungsvorhaben ermittelte die derzeit vorhandenen Mengen an NORM-Rückständen und deren Entsorgungspraxis. Eine für das BfS relevante Fragestellung war die Abschätzung von Mengen an NORM-Rückständen, die nicht aus der Strahlenschutzüberwachung entlassen werden können und anderweitig, zum Beispiel in einem Endlager für radioaktive Abfälle, zu entsorgen sind. Zur Ermittlung der Mengen an NORM-Rückständen wurden Landesbehörden und Industrien bzgl. Aufkommen und Entsorgung befragt. Der durch die Abfrage ermittelte Bestand an NORM-Rückständen in genehmigten Lagern beläuft sich bis zum Jahr 2012 auf ca. 500 t, wohingegen die ermittelten Mengen, die derzeit noch konventionell entsorgt werden, mit bis zu 10.000 t pro Jahr abgeschätzt wurden. Ohne entsprechende Entsorgungsmöglichkeiten ist eine Entlassung der NORM-Rückstände aus der Strahlenschutzüberwachung nicht gegeben, obwohl eine konventionelle Entsorgung aus radiologischer Sicht möglich wäre. Der NORM-Rückstand wird dann zu einem NORM-Abfall, der nach geltender Rechtslage nur in einem noch zu errichtenden Endlager für radioaktive Abfälle entsorgt werden kann. Eine Prüfung mit den Endlagerungsbedingungen Konrad hat ergeben, dass das Endlager nicht generell zur Entsorgung von NORM genutzt werden kann und somit keine Lösung des Entsorgungsproblems darstellt. Eine Möglichkeit wäre die Schaffung spezieller Deponien für NORM-Rückstände. Hierfür könnten existierende Deponien umgerüstet oder neue Deponien geschaffen werden. Die Errichtung entsprechender Deponien nach KrWG liegt jedoch nicht im Zuständigkeitsbereich des Bundes.



---

# Zahlen und Fakten

# Organisation und Aufgaben des BfS

## Organization and Tasks of BfS

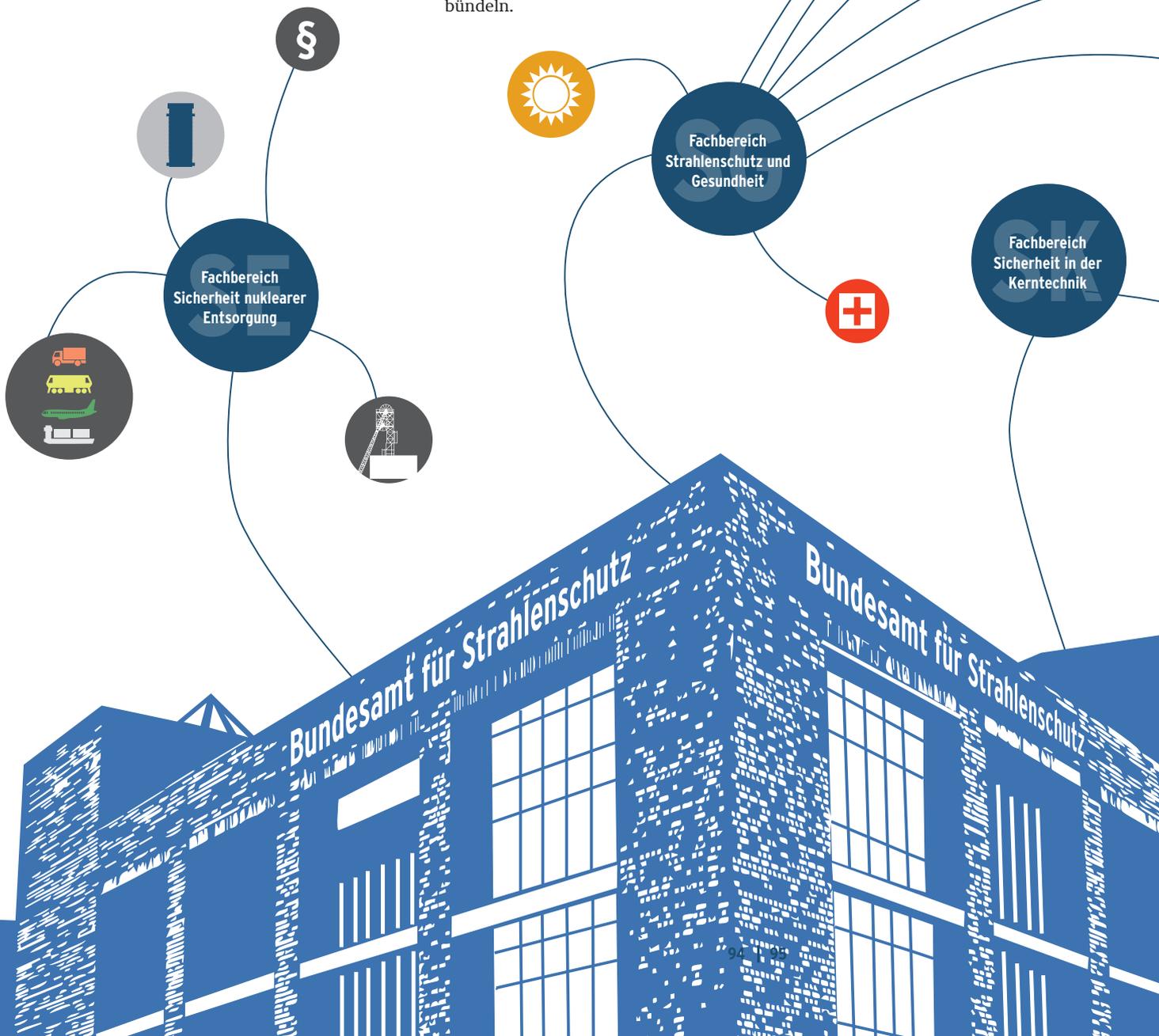
The Federal Office for Radiation Protection (Bundesamt für Strahlenschutz, BfS) is a scientific and technical Federal Office in the portfolio of the Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation, Building and Nuclear Safety (BMUB). The BfS was established in 1989, among others, as a consequence of the Chernobyl reactor accident in 1986. The main objective for this establishment was to bring together expertise in different areas of radiation protection in one institution. Apart from Salzgitter where the BfS headquarters are located, there are other branch offices with more than 800 employees.

## Fachlicher Ansprechpartner:

Norbert Nimbach (03018 333-1200)

Das Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) ist eine organisatorisch selbständige wissenschaftlich-technische Bundesoberbehörde, die dem Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB) nachgeordnet ist. Gegründet wurde das BfS 1989 auch als Konsequenz des Reaktorunfalls 1986 in Tschernobyl mit dem Ziel, Kompetenzen auf den Gebieten Strahlenschutz, kerntechnische Sicherheit, Transport und Aufbewahrung von Kernbrennstoffen sowie Endlagerung radioaktiver Abfälle zu bündeln.

Neben Salzgitter als Hauptsitz des BfS gehören weitere Standorte für insgesamt über 800 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter zum Amt. Sie befinden sich in Oberschleißheim bei München, Berlin-Karlshorst, Freiburg, Bonn, Rendsburg, Morsleben, Remlingen und Gorleben.



## Die Fachbereiche des BfS Scientific Departments of BfS

### Fachbereich Strahlenschutz und Gesundheit (SG)

Das Spektrum der Aufgaben des Fachbereichs Strahlenschutz und Gesundheit ist breit gefächert und umfasst u. a. Vollzugsaufgaben nach Strahlenschutz- und Röntgenverordnung, die Ermittlung und Fortentwicklung des Standes von Wissenschaft und Technik, die Beratung des Bundesumweltministeriums, die Vertretung der Bundesrepublik Deutschland in nationalen und internationalen Fachgesellschaften und Gremien sowie die Kommunikation und Kooperation in Fachfragen mit öffentlichen Einrichtungen und der Bevölkerung. Zur Ermittlung und Fortentwicklung des Stands von Wissenschaft und Technik werden sowohl Untersuchungen in Eigenforschung durchgeführt als auch Vorhaben im Rahmen des nationalen Umweltforschungsprogramms konzipiert, fachlich begleitet und umgesetzt.

### Fachbereich Strahlenschutz und Umwelt (SW)

Der Fachbereich Strahlenschutz und Umwelt erfüllt wissenschaftliche und administrative Aufgaben auf dem Gebiet des Strahlenschutzes von Mensch und Umwelt. Die Arbeit ist vor allem auf die Lösung praktischer Probleme des Strahlenschutzes ausgerichtet. Deshalb stehen die Ermittlung und Überwachung von Strahlenexpositionen durch natürliche und künstliche Quellen, die dazu benötigten Methoden, die Beurteilung von Situationen, die zu erhöhten Strahlenexpositionen von Mensch und Umwelt führen können, sowie Einschätzungen über Notwendigkeit und Wirkung technischer und organisatorischer Maßnahmen des Strahlenschutzes im Vordergrund.

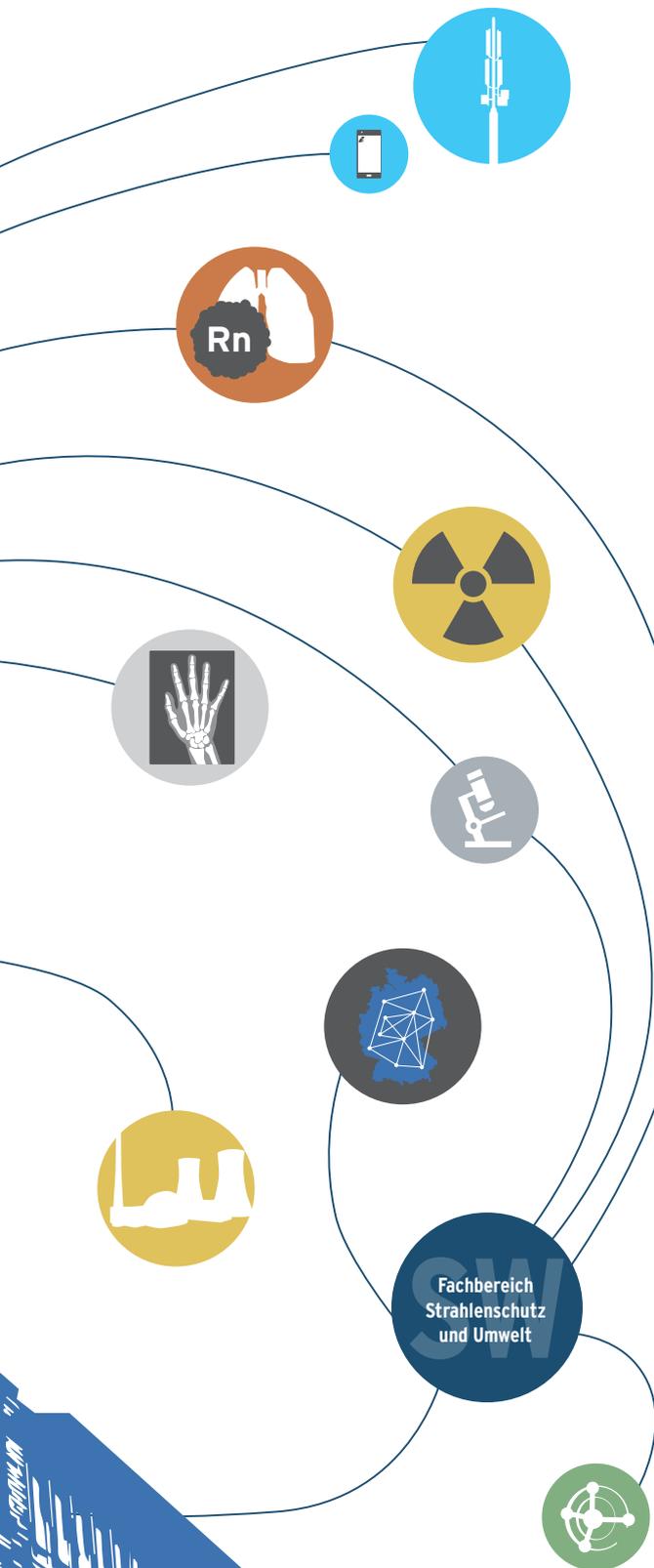
### Fachbereich Sicherheit nuklearer Entsorgung (SE)

Im Fachbereich Sicherheit nuklearer Entsorgung sind die Kompetenzen zu allen Fragen der nuklearen Entsorgung gebündelt. Im Rahmen der Wahrnehmung von Vollzugsaufgaben des Bundes nach dem Atomgesetz, der Strahlenschutzverordnung und dem

Gefahrgutbeförderungsgesetz nimmt der Fachbereich vielfältige Aufgaben wahr. Hierzu gehören die Bearbeitung von Genehmigungsanträgen für Zwischenlager und Transporte sowie die Zulassungen von Versandstücken. Der Fachbereich erledigt Aufgaben als Betreiber und Antragsteller für Endlager und die staatliche Verwahrung. Er nimmt die Bauherrenfunktion und Projektleitung für die Errichtung des Endlagers Konrad wahr und übernimmt Aufgaben als Betreiber für die Schließung des Endlagers Morsleben, der Schachanlage Asse II und des Bergwerkes Gorleben. Der Fachbereich SE arbeitet eng mit internationalen Organisationen zusammen und leistet fachliche Unterstützung bei der Weiterentwicklung des nationalen und internationalen Regelwerkes.

### Fachbereich Sicherheit in der Kerntechnik (SK)

Der Fachbereich Sicherheit in der Kerntechnik verfolgt die nationale und internationale Entwicklung des Standes von Wissenschaft und Technik zur Gewährleistung und Beurteilung der Sicherheit von Kernkraftwerken, Forschungsreaktoren und Anlagen der Kernbrennstoffver- und -entsorgung. Der Fachbereich arbeitet national und international mit an der Erstellung von Sicherheitsstandards, Empfehlungen für Sicherheitsanalysen und sicherheitstechnischen Anforderungen für Betrieb, Stilllegung und Rückbau. Zur direkten Unterstützung der Bundesaufsicht erfasst und dokumentiert der Fachbereich den Anlagen- und Genehmigungsstatus von kerntechnischen Anlagen sowie alle meldepflichtigen Ereignisse als zentrale Störfallmeldestelle. Außerdem initiiert der Fachbereich Untersuchungsvorhaben, bewertet deren Ergebnisse und leitet daraus Vorschläge für die Verbesserung der kerntechnischen Sicherheit ab.



# Das BfS informiert

BfS Providing Information  
to the Public



Science-Shopping in Braunschweig



Messestand auf der Didacta

## Öffentlichkeitsarbeit

Public Relations

**Ansprechpartnerin:**  
**Katharina Varga (03018 333-1327)**

Das Bundesamt für Strahlenschutz hat auch 2013 wichtige Entwicklungen und Sachverhalte auf den Gebieten des Strahlenschutzes, der nuklearen Entsorgung und der Kerntechnik dargestellt und eingeordnet. Das Ziel der Kommunikation ist die aktuelle, transparente und verständliche Vermittlung dieser wissenschaftlich und fachlich komplexen Themen an unterschiedliche Zielgruppen. Dazu hat das BfS Informationsmaterial in Form von Broschüren, Falt- und Informationsblättern (kostenlos zu bestellen unter [info@bfs.de](mailto:info@bfs.de)) sowie Animationen und Filme erarbeitet und aktualisiert, Bürgeranfragen beantwortet, war auf unterschiedlichsten Veranstaltungen präsent und hat zahlreiche Besucherinnen und Besuchern in den Infostellen an den jeweiligen Standorten empfangen.

## Bürgeranfragen

2013 erreichten das BfS mehr als 1.100 schriftliche und 1.700 telefonische Bürgeranfragen. Sehr häufig wurde nach den Wirkungen und Risiken der Strahlung von Handy-Sendemasten oder Stromleitungen gefragt. Darüber hinaus sind auch die Ereignisse in Fukushima weiterhin Thema der Anfragen. Regelmäßig im Herbst rückt die radioaktive Belastung von Pilzen und Wildbret, verursacht durch den Unfall in Tschernobyl, wieder in den Blickpunkt. Aber auch für Fragen des beruflichen Strahlenschutzes und der Strahlenbelastung von Patienten durch medizinische Strahlendiagnostik sehen die Menschen das BfS als kompetenten Ansprechpartner. Fragen zum Themenbereich Endlagerung radioaktiver Abfälle werden zum größten Teil in den Infostellen vor Ort beantwortet.

## Messen und Veranstaltungen

Flexible und mobile Instrumente zur Information der Bevölkerung vor Ort stehen dem BfS mit dem Infomobil sowie den „Infocontainern“ der mobilen Endlagerausstellung zur Verfügung. Diese Einrichtungen sind mit Audio- und Videotechnik ausgerüstet und ermöglichen es den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern des BfS, in verschiedenen Großstädten der Bundesrepublik, aber auch in Fußgängerzonen, bei Veranstaltungen und auf Wochenmärkten der Region mit aktuellen Informationen im direkten Gespräch präsent zu sein. Überregional präsentierte sich das BfS auf Messen und Veranstaltungen, um Fragen zu aktuellen Problemen des Strahlenschutzes mit den Bürgerinnen und Bürgern zu diskutieren. Die eingesetzten Informationsmaterialien und multimediale Präsentationen stellen komplexe Sachverhalte verständlich dar.

Ein Hauptaugenmerk des BfS liegt auf dem Schutz der Bevölkerung vor den schädlichen Wirkungen der UV-Strahlung. Hierbei sind Kinder und Jugendliche die wesentliche Zielgruppe, die mit der UV-Präventionskampagne „Sonne – aber sicher“ angesprochen werden soll. Im Frühsommer 2013 besuchte das BfS Schulstandorte in Sachsen-Anhalt mit dem UV-Infomobil



Mobile Endlagerausstellung vor dem Berliner Hauptbahnhof

und erklärte den UV-Index, auch die Schutzwirkung von Sonnenbrillen konnte vor Ort gemessen werden. Eine auf wissenschaftlich interessierte Besucher ausgerichtete Veranstaltung in der Region ist das inzwischen alljährlich stattfindende „Science Shopping“ in Braunschweig, wo sich das BfS auch in diesem Jahr mit dem Infomobil präsentierte.

2013 war das BfS wieder auf der Bildungsmesse Didacta in Köln vertreten. Die Messe richtet sich vor allem an Lehrkräfte als Multiplikatoren. Das BfS war hier mit den Themenkomplexen Mobilfunk und UV-Prävention vertreten und hat dazu Unterrichtsmaterialien präsentiert.

Anlässlich des „Tages der Umwelt“ war das BfS auch auf dem mit rund 100.000 Besuchern größten Umweltfestival Europas in Berlin vor dem Brandenburger Tor vertreten. Hier standen Verbrauchertemen im Fokus, so dass die Besucherinnen und Besucher insbesondere auf ihre Fragen zur Strahlung von Mikrowellengeräten und anderen Haushaltsgeräten, Mobilfunkmasten oder auch Stromtrassen Antworten erhielten.

Bei der Internationalen Funkausstellung (IFA) in Berlin wird das gesamte Spektrum der Haushaltselektronik abgebildet. Der Stand des BfS mit Schwerpunkt Mobilfunk war stark frequentiert. Dort konnten die Mesesebesucher die elektromagnetische Strahlung ihres eigenen Mobiltelefons messen und eine Antwort auf die Frage erhalten, ob Mobilfunk schädlich sei.

### Mobile Endlagerausstellung

Der Schwerpunkt der Veranstaltungen der Öffentlichkeitsarbeit 2013 war die Tour der mobilen Endlagerausstellung zur Endlagerung radioaktiver Abfälle in Deutschland mit den Standorten Düsseldorf, München, Erfurt, Stuttgart, Dresden und Berlin.

Viele interessierte Bürgerinnen und Bürger haben 2013 diese Ausstellung besucht, sich mit den unterschiedlichen Aspekten der Endlagersuche auseinandergesetzt und sich eine fundierte Meinung gebildet.

In den zwei Infocontainern wird ein „Schnellkurs“ in Geologie, Physik und Strahlenschutz gegeben. Einen Einstieg in das Thema bietet eine Zeittafel zur Endlagersuche und Kernenergie. Zudem werden die Gemeinsamkeiten und Unterschiede der Standorte Asse, Morsleben, Konrad und Gorleben (Mit Inkrafttreten des Standortauswahlgesetzes Ende Juli 2013 wurden die Erkundungsarbeiten in Gorleben beendet.) herausgestellt. Mit Hilfe von Computeranimationen wird die geologische Entstehung der möglichen Endlagergesteine Salz, Ton und Granit erläutert. Was bei der Endlagerung hochradioaktiver Abfälle in Salz, Ton oder Granit im Verlauf von Hunderttausenden bzw. Millionen



BfS-Mitarbeiter mit der mobilen Endlagerausstellung unterwegs



An diesen Standorten unterhält das BfS Infostellen zur Endlagerung radioaktiver Abfälle.

Jahren geschehen könnte, wird durch Animationen veranschaulicht.

Unter [1] können die Inhalte der Ausstellung weiterhin online betrachtet werden.

### Infostellen

Gemäß Atomgesetz ist das BfS zuständig für die Errichtung und den Betrieb von Anlagen des Bundes zur Sicherstellung und zur Endlagerung radioaktiver Abfälle. Das gesellschaftliche Interesse am Thema Endlagerung hat in den letzten Jahren kontinuierlich zugenommen. Damit rücken die Projekte Konrad, Morsleben, Asse und Gorleben verstärkt in den Fokus von Presse und Öffentlichkeit und erforderten 2013 eine intensive Öffentlichkeitsarbeit und Kommunikation durch das BfS.

An allen vier Standorten unterhält das BfS Informationsstellen, in denen sich Bürgerinnen und Bürger über alle Fragen der Entsorgung radioaktiver Abfälle informieren können. Die Ausstellungen sind multimedial mit umfangreichen Informationsmedien und -inhalten ausgestattet, um über die Arbeiten an den Projektstandorten und grundlegende Aspekte der Endlagerung zu informieren. Für alle Standorte werden vom BfS auch

Bergwerksbesichtigungen (Befahrungen unter Tage) angeboten. Gruppen und Einzelpersonen können ihre Befahrungswünsche unter der zentralen Telefonnummer 03018 333-1155 anmelden [2].

Ausführlichere Informationen zur Arbeit der BfS-Infostellen an den Projektstandorten finden Sie unter den jeweiligen Fachbeiträgen in diesem Bericht.

## Presse und Internet

### Press and Internet

**Fachlicher Ansprechpartner:**  
**Florian Emrich (03018 333-1124)**

**N**eustart bei der Endlagersuche: Die Suche nach einem Endlager für hochradioaktive Abfälle soll ergebnisoffen neu beginnen. Verschiedene mögliche Standorte werden miteinander verglichen. Das bisherige Erkundungsbergwerk Gorleben soll dabei keine Sonderrolle mehr einnehmen. Die Castor-Transporte in das Zwischenlager in Gorleben werden gestoppt. Stattdessen sollen Zwischenlager direkt an den Kernkraftwerken die noch ausstehenden verglasten Abfälle aus der Wiederaufarbeitung deutscher Brennelemente im Ausland aufnehmen. Diese einschneidenden Entscheidungen haben Bundestag und Bundesrat im Sommer 2013 in einem parteiübergreifenden Konsens in einem Standortauswahlgesetz festgeschrieben (s. S. 36ff). Damit werden zentrale Forderungen, die das BfS seit mehr als zehn Jahren vertritt, gesetzliche Grundlage für das weitere Vorgehen bei der nuklearen Entsorgung.

[1] [www.bfs.de/endlagerausstellung](http://www.bfs.de/endlagerausstellung)  
[2] [http://www.bfs.de/de/endlager/gorleben/info\\_gorleben.html](http://www.bfs.de/de/endlager/gorleben/info_gorleben.html)  
[3] [www.asse.bund.de](http://www.asse.bund.de)



Live dabei: BfS-Präsident Wolfram König begleitet von zahlreichen Medienvertretern beim Beginn der Erkundungsbohrung für einen Bergungsschacht

In dem gesellschaftlichen Diskussionsprozess auf dem Weg zu dieser Einigung war das BfS gefragter Ansprechpartner der Medien. Wichtige Impulse für die öffentliche Debatte brachte BfS-Präsident Wolfram König unter anderem in Interviews mit der Deutschen Presse-Agentur, dem Bericht aus Berlin der ARD, Deutschlandradio Kultur, Süddeutscher und Stuttgarter Zeitung ein. Darin sprach er sich für eine langfristig tragfähige Einigung aus, die sicherstellt, dass deutscher Atommüll nicht eines Tages im Ausland entsorgt wird. Königs fachliche Einschätzungen griffen in der Folge zahlreiche deutsche Medien auf.

Auch grenzüberschreitend wurde das BfS als wissenschaftlich neutrale Fachbehörde wahrgenommen. Plakatives Beispiel ist eine im Mai ausgestrahlte einstündige Arte-Dokumentation über das internationale Problem der nuklearen Entsorgung, für die der Sender auch die Schachanlage Asse und das Endlager Konrad besucht hatte. Im Anschluss diskutierte BfS-Präsident Wolfram König in einer Gesprächsrunde mit der Europaabgeordneten und früheren französischen Umweltministerin Corinne Lepage Fragen der Endlagerung.

Zugleich sind die Arbeiten des BfS für die Endlagerung radioaktiver Abfälle in lokale Strukturen eingebunden und mit konkreten Orten verknüpft: Dort steht das BfS als transparent informierender Betreiber zur Verfügung. So besuchte der neue niedersächsische Umweltminister Stefan Wenzel – begleitet von zahlreichen Medienvertretern – bereits in den ersten Monaten seiner Amtszeit die Asse, Schacht Konrad und Gorleben, um sich einen Überblick über den Stand der Arbeiten an den jeweiligen Projekten zu verschaffen.

#### **Rückholung der Abfälle aus der Asse**

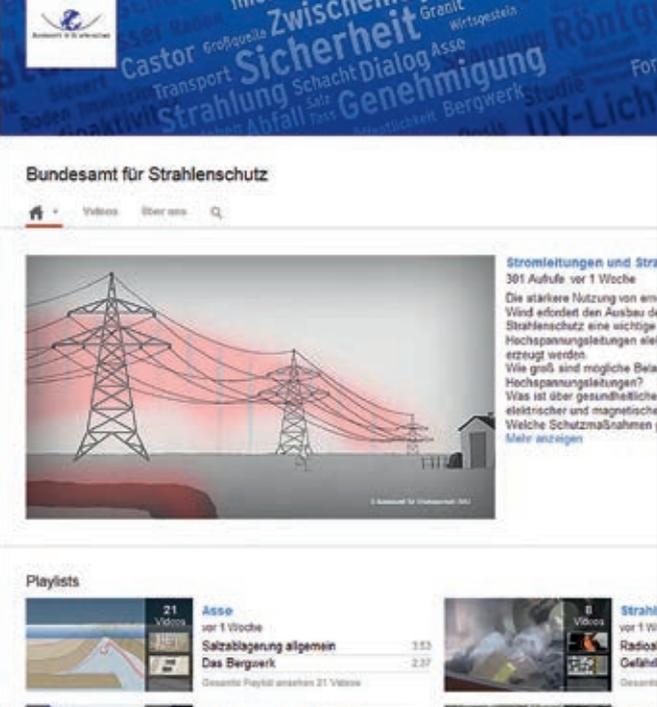
Während die Suche nach einem Endlager für hochradioaktive Abfälle noch am Anfang steht, sind die Vorbereitungen für die Rückholung der radioaktiven Abfälle aus der Asse weiter fortgeschritten. Besonderes Medieninteresse weckte der Beginn der Erkundungsbohrung für einen Bergungsschacht im Juni 2013 – die erste Infrastrukturmaßnahme, die ausschließlich der Rückholung der Abfälle dient. In Anwesenheit von Printmedien, TV und Hörfunk erläuterte BfS-Präsident König an der Bohrstelle die Bedeutung eines zusätzlichen Schachtes für das Gelingen der Rückholung.

Wenige Tage später konnte vermeldet werden, dass die zweite Probebohrung zur Untersuchung der 750 Meter unter der Erde gelegenen Abfallkammer 7 ihr Ziel erreicht hatte. Das erste Ergebnis: Das zum Verfüllen der Kammer verwendete Salz direkt hinter der Kammermauer ist fest zusammengepresst. Radioaktive Stoffe oder explosive Gase wurden darin nicht gefunden.

#### **Blick hinter die Kulissen: Internet-Plattform für Asse-Unterlagen**

Einblick in die Arbeiten des BfS zur sicheren Stilllegung der Asse gibt das BfS auch über die Internetseite [3]. Sie ist eine zentrale Anlaufstelle für Informationen rund um die Schachanlage Asse II. Das BfS informiert hier seit 2009 kontinuierlich über den aktuellen Stand der Stilllegung, über Messdaten aus der Umgebung der Asse und vieles mehr.

Nach Inkrafttreten des „Gesetzes zur Beschleunigung der Rückholung radioaktiver Abfälle und der Stilllegung der Schachanlage Asse II“, der so genannten Lex Asse (2 s. S. 66ff), im April 2013 hat [www.asse.bund.de](http://www.asse.bund.de) eine zusätzliche Aufgabe erhalten: Die Lex Asse fordert, dass alle wesentlichen Asse-Unterlagen der am Stilllegungsprozess beteiligten Institutionen und Behörden auf einer Internetplattform



Jederzeit einsatzbereit: Mobiles Radioaktivitätsmessgerät des BFS



Strahlenschutz für die Internetgeneration: das BFS auf YouTube [\[5\]](#)

veröffentlicht werden. Dafür wurde auf der bestehenden Internetseite die Rubrik „Dokumente und Unterlagen“ [\[4\]](#) eingerichtet. Sie enthält beispielsweise Schriftverkehr zwischen den beteiligten Behörden, Empfehlungen, Stellungnahmen, Studien, Gutachten, Rechtsvorschriften und Genehmigungsunterlagen.

#### Auswahl der Unterlagen und Datenschutz

Das BFS erweitert die Plattform [\[4\]](#) fortlaufend um weitere Unterlagen, die nach festgelegten Kriterien ausgewählt werden. Diese Auswahl-Kriterien sind ebenfalls auf der Plattform veröffentlicht.

Unterlagen von anderen mit der Asse befassten Institutionen und Behörden veröffentlicht das BFS in deren Auftrag.

#### YouTube-Kanal des BFS

Seit November 2013 präsentiert das BFS informative Videos rund um den Strahlenschutz in einem eigenen YouTube-Kanal. Unter [\[5\]](#) finden sich BFS-Filme zur Frage „Was ist Radioaktivität?“ oder zum „Strahlenschutz beim Ausbau der Stromnetze“. Auch die anschaulichen Videos rund um die Arbeiten und Planungen bei Asse, Konrad und Morsleben stellt das BFS auf dem YouTube-Kanal der Öffentlichkeit bereit.

#### Neuer Internetbereich:

##### Strahlenschutz beim Mobilfunk

Um die bestehenden Internetseiten des BFS noch verbraucherfreundlicher zu machen, wurde auf [www.bfs.de](#) der Internetbereich „Strahlenschutz beim Mobilfunk“ eingerichtet. Hier wird anschaulich erklärt, wie Mobilfunk funktioniert und was in Sachen „Mobilfunk und Gesundheit“ geforscht wird. Übrigens: Nach derzeitigem wissenschaftlichem Kenntnisstand geht vom Mobilfunk unterhalb der geltenden Grenzwerte keine Gefahr für die Gesundheit aus. Da die Technik allerdings noch recht jung ist, ist noch zu wenig über mögliche Langzeitwirkungen bekannt. Deshalb bietet die Internetseite auch Empfehlungen an, wie man seine persönliche Strahlenbelastung verringern kann.

Wer wissen möchte, ob sein Smartphone oder Handy „strahlungsarm“ ist, kann sich unter [\[6\]](#) informieren. Hier ist zu erfahren, was „strahlungsarm“ bedeutet und was es mit dem dafür maßgeblichen SAR-Wert, der spezifischen Absorptionsrate, auf sich hat. Eine Liste mit den SAR-Werten für über 1.900 Mobiltelefone wird regelmäßig aktualisiert.

#### Radioaktivitätsmessungen: Training für den Notfall

Nicht via Internet, sondern ganz real konnten Journalisten mehrerer TV-Stationen im Oktober 2013 mit Notfallschutz-Experten des BFS auf Tuchfühlung gehen: Bei der jährlichen gemeinsamen Hubschrauber-Messübung von BFS und Bundespolizei im Oktober 2013 hatten sie Gelegenheit, mit Messtechnik des BFS ausgerüstete Hubschrauber der Bundespolizei sowie Messfahrzeuge des BFS zu besichtigen. Vertreter beider Behörden standen für Erläuterungen bereit. Bei der Übung wurde zu Trainingszwecken die Radioaktivität am Boden von Hubschraubern aus ermittelt – eine wichtige Aufgabe für den Schutz der Bevölkerung, die das BFS zusammen mit der Bundespolizei wahrnimmt. Sollte in einem deutschen oder einem ausländischen Kernkraftwerk ein Unfall stattfinden und Radioaktivität austreten, sind schnelle Informationen über ihre Menge und Verteilung entscheidend. Nur auf dieser Grundlage können die zuständigen Behörden die richtigen Schutzmaßnahmen für die Bevölkerung einleiten. Gezielt ergänzen lassen sich die Hubschraubermessungen durch Messungen der BFS-Fahrzeuge am Boden.

[4] [www.asse.bund.de/unterlagen](#)  
 [5] [www.youtube.com/user/bfsbund](#)  
 [6] [www.bfs.de/sar-werte-handly](#)

# Zahlen und Fakten 2013

## Facts and Figures 2013

### Beschäftigte

Das BfS hatte zum Jahresende 2013 insgesamt 818 Beschäftigte. Die Grafik unten zeigt die Verteilung der Beschäftigten auf die Standorte.

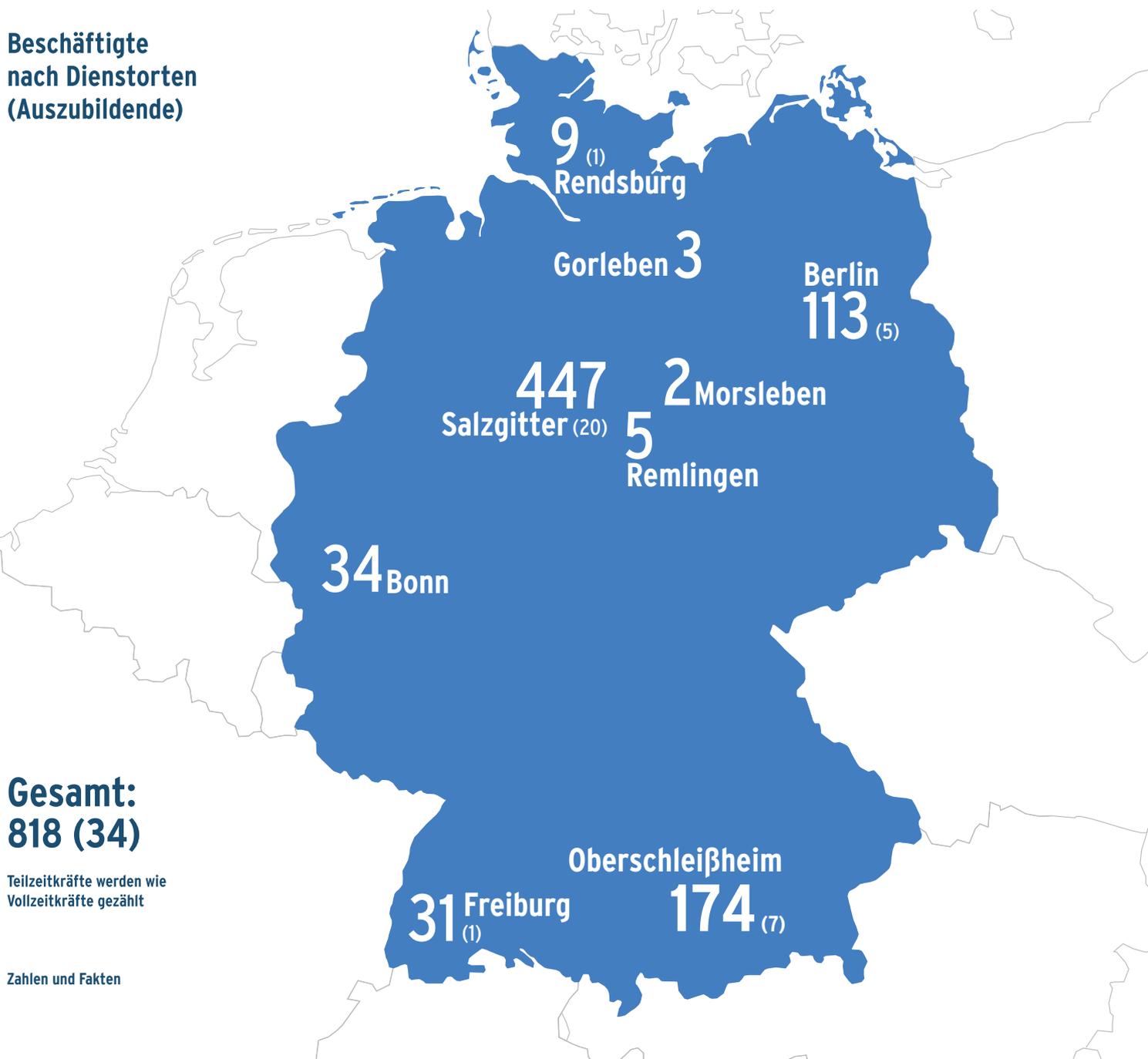
Der überwiegende Teil der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter verfügt über einen Hochschul- oder Fachhochschulabschluss.

Das BfS beschäftigt eine Vielzahl von Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter verschiedener Berufsgruppen, so z. B. Ärzte und Ärztinnen, Geologen/innen, Physiker/innen, Ingenieure und Ingenieurinnen, Biologielaborkräfte,

Techniker und Technikerinnen sowie Verwaltungsangestellte, Sozialwissenschaftlerinnen und Sozialwissenschaftler und Informatikerinnen und Informatiker.

Das BfS ist auch Ausbildungsstelle und gibt damit jungen Menschen eine berufliche Perspektive. 34 Auszubildende in mehreren Ausbildungsbereichen arbeiteten im Jahr 2013 am Start in ihr Berufsleben. Zu den angebotenen Ausbildungsberufen zählen u. a. Chemie- und Biologielaboranten, IT-Kaufleute, Fachinformatiker, Automatisierungselektroniker und Kaufleute für Bürokommunikation.

### Beschäftigte nach Dienstorten (Auszubildende)



**Gesamt:  
818 (34)**

Teilzeitkräfte werden wie  
Vollzeitkräfte gezählt

### Ausgaben 2013 des BfS

Die vom BfS im Jahre 2013 geleisteten Gesamtausgaben betragen 424,75 Mio. €. Von den Gesamtausgaben entfielen rd. 374,36 Mio. € auf die Endlagerung radioaktiver Abfälle, hiervon wiederum 229,43 Mio. € auf Zahlungen an die Deutsche Gesellschaft zum Bau und Betrieb von

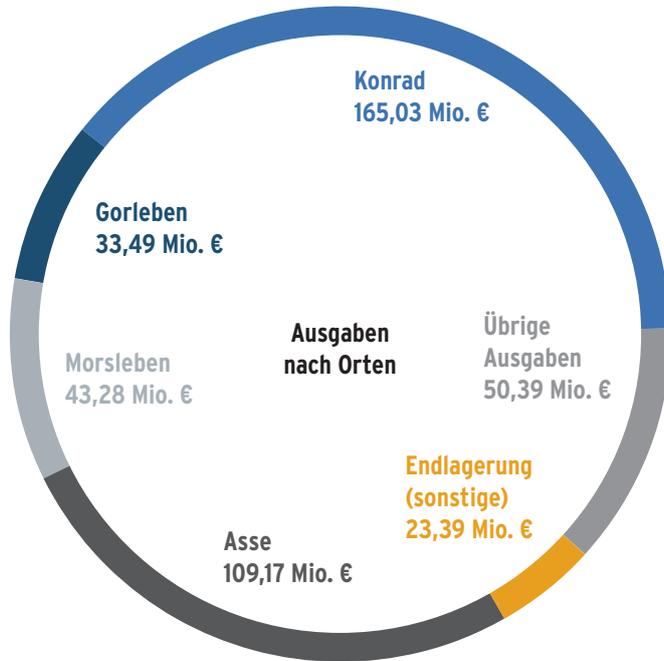
Endlagern für Abfallstoffe mbH (DBE) in Peine als Dritter nach § 9 a Abs. 3 Satz 2 AtG für die Projekte Konrad und Gorleben sowie für die Stilllegung des Endlagers für radioaktive Abfälle Morsleben. Zur Stilllegung der Schachanlage Asse wurden 90,48 Mio. € an die Asse-GmbH als Dritter nach § 9 a Abs. 3 Satz 2 AtG gezahlt.

### Einnahmen 2013 des BfS

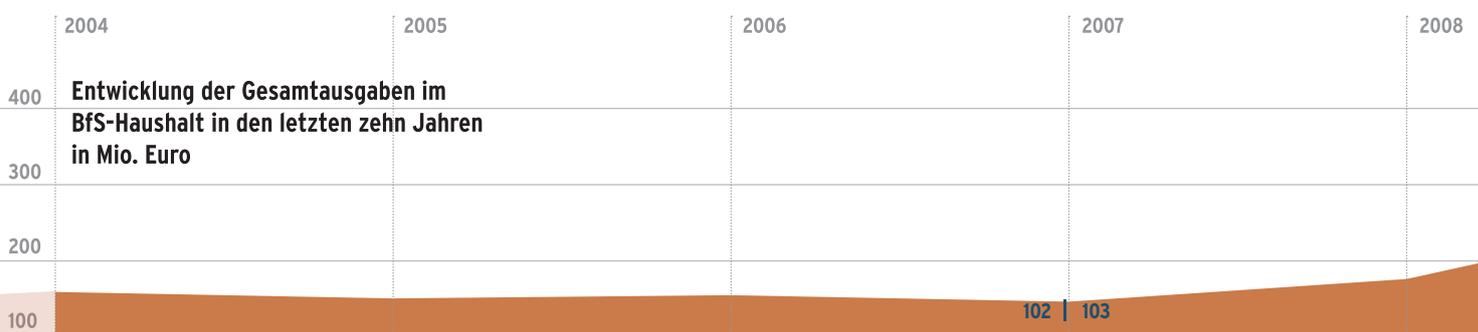
Die vom BfS im Jahre 2013 erzielten Einnahmen betragen 223,21 Mio. €. Der wesentliche Teil der Einnahmen von 204,51 Mio. € entfiel auf Vorausleistungen der künftigen Nutzer von Endlagern für radioaktive Abfälle (Refinanzierung der Kosten für die Projekte Konrad und Gorleben). Die Einnahmen aus Gebühren betragen 7,44 Mio. €. Im Wesentlichen handelt es sich dabei um Einnahmen aus Produktkontrollmaßnahmen nach der Abfallkontrollrichtlinie und um Gebühren für Genehmigungen für Transporte von radioaktiven Stoffen.

Sonstige Einnahmen von rd. 11,26 Mio. € wurden erzielt aus der:

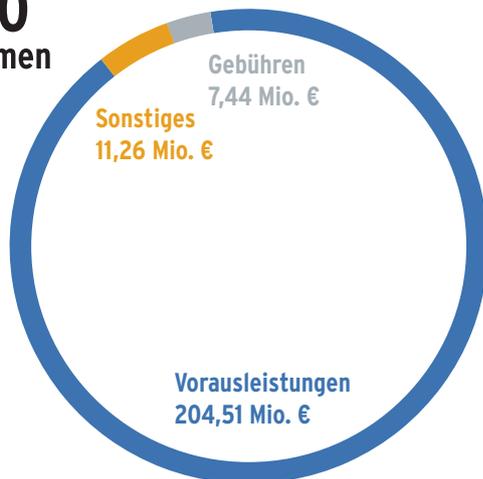
- Bearbeitung von Aufträgen Dritter (z. B. die Durchführung von durch die Europäische Union vergebenen Forschungsvorhaben und die Kontrolle der Eigenüberwachung radioaktiver Emissionen aus Kernkraftwerken),



**424.750.000**  
Euro Gesamtausgaben



**223.210.000**  
Euro Gesamteinnahmen



- Erstattung von Kosten für die Hinzuziehung von Sachverständigen in Genehmigungsverfahren (im Wesentlichen Genehmigungen zur Aufbewahrung von Kernbrennstoffen außerhalb der staatlichen Verwahrung nach § 6 AtG).

Die Grafik unten zeigt die Entwicklung der Gesamtausgaben des BfS in den letzten zehn Jahren. Die Ausgaben für die Aufgabenschwerpunkte elektromagnetische Felder, optische Strahlung, ionisierende Strahlung, Kerntechnik sowie Transport/Lagerung betragen relativ konstant rd. 50 Mio. €. Im Gegensatz dazu sind die Ausgaben für den Bereich der Endlagerung ab 2009 aufgrund der Übernahme neuer Aufgaben überproportional gestiegen. Im Wesentlichen ist der starke Ausgabenanstieg begründet durch die Übernahme der Betreiberverantwortung für den sicheren Betrieb und die Stilllegung der Schachanlage Asse II sowie den Beginn der Errichtungsphase des Endlagers für radioaktive Abfälle mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung in dem ehemaligen Eisenerzbergwerk Konrad in Salzgitter.

#### Haushaltsmittel aus der Ressortforschung

Aus dem Umweltforschungsplan (UFOPLAN) des Bundesumweltministeriums (BMUB) werden Untersuchungen, Studien und Gutachten, die dem BMUB als Entscheidungshilfen dienen, finanziert.

Für die Ausführung des UFOPLAN wurden vom BfS im Jahr 2013 Arbeiten aus den sog. Ressortforschungsmitteln in Höhe von 5,5 Mio. € für den Bereich Strahlenschutz und in Höhe von 19,8 Mio. € für den Bereich der kerntechnischen Sicherheit (Reaktorsicherheit einschließlich Entsorgung radioaktiver Abfälle) vergütet.

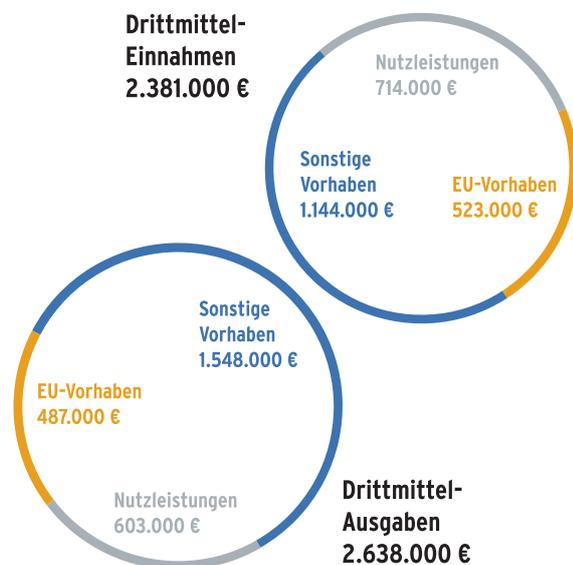
Für den Bereich der internationalen Zusammenarbeit auf den Gebieten der Reaktorsicherheit und des Strahlenschutzes wurden vom BfS 2,6 Mio. € verausgabt. Näheres hierzu ist im Kapitel „Der Umweltforschungsplan des Bundesumweltministeriums – Forschung zur Stärkung der nuklearen Sicherheit und des Strahlenschutzes“ ab Seite 83 veröffentlicht.

#### Drittmittel

Die aus der Bearbeitung von Aufträgen Dritter resultierenden Einnahmen und Ausgaben stellen sich im Jahr 2013 wie folgt dar:

Für einige Aufträge innerhalb der jeweiligen Auftragsarten werden teilweise hohe Vorauszahlungen gewährt, während die korrespondierenden Ausgaben erst in den Folgejahren wirksam werden. Die Verrechnung der Vorauszahlungen erfolgt über die Laufzeit der Verträge.

#### Drittmittel-Einnahmen 2.381.000 €



#### Drittmittel-Ausgaben 2.638.000 €

2009

2010

2011

2012

2013

**Ausgaben Endlagerung**

**Übrige Ausgaben**

### A

Abou-Elkacem L, Arns S, Brix G, Gremse F, Zopf D, Kiessling F, Lederle W.

**Regorafenib inhibits growth, angiogenesis, and metastasis in a highly aggressive, orthotopic colon cancer model.**

*In: Molecular cancer therapeutics 12 (2013), Nr.7, 1322-1331  
doi:10.1158/1535-7163.MCT-12-1162*

Asmuß M.

**Bürgerbeteiligung im Deutschen Mobilfunk Forschungsprogramm (DMF)**

*In: UMID: Umwelt und Mensch – Informationsdienst (2013), Nr.2, 154-158*

### B

Bannik K, Rössler U, Faus-Kessler T, Gomolka M, Hornhardt S, Dalke C, Klymenko O, Rosemann M, Trott KR, Atkinson M, Kulka U, Graw J.

**Are mouse lens epithelial cells more sensitive to  $\gamma$ -irradiation than lymphocytes?**

*In: Radiation and environmental biophysics 52 (2013), Nr.2, 279-286  
doi:10.1007/s00411-012-0451-8*

Beinke C, Barnard S, Boulay-Greene H, De Amicis A, De Sanctis S, Herodin F, Jones A, Kulka U, Lista F, Lloyd D, Martigne P, Moquet J, Oestreicher U, Romm H, Rothkamm K, Valente M, Meineke V, Braselmann H, Abend M.

**Laboratory intercomparison of the dicentric chromosome analysis assay**

*In: Radiation research 180 (2013), Nr.2, 129-137  
doi:10.1667/RR3235.1*

Berg HP.

**Critical Infrastructure and resilience goals**

*Summer Safety and Reliability Seminars: SSARS 2013, 2013*

*In: Journal of Polish Safety and Reliability Association 4 (2013), Nr. 2, 147-154*

Berg HP.

**Human factors and safety culture in maritime safety**

*In: Marine navigation and safety of sea transportation: STCW, maritime education and training (MET), human resources and crew manning, maritime policy, logistics and economic matters: TransNav 2013 Symposium, Gdynia / Hrsg.: Weintrit, A. London: CRC Press, 2013, 107-115*

Berg HP.

**New threats to be assessed**

*In: Kerntechnik 78 (2013), Nr.2, 83-84*

Berg HP, Fritze N.

**Reliability and vulnerability of critical infrastructure – electricity distribution**

*Summer Safety and Reliability Seminars: SSARS 2013*

*In: Journal of Polish Safety and Reliability Association 4 (2013), Nr. 1, 9-20*

Berg HP, Fritze N.

**Risk and consequences of transformer explosion and fires in nuclear power plants**

*In: Journal of KONBiN 23 (2013), Nr.1, 5-16*

Berg HP, Griebel S, Milius B.

**Comparison of safety-related decision-making processes in nuclear and railways**

*In: Safety, reliability and risk analysis: Beyond the horizon: ESREL 2013, 30.09 – 02.10, Amsterdam / Hrsg.: Steenbergen, R.D.J.M.; CRC Press, 2013, 2265-2273  
ISBN 978-1-138-00123-7*

Berg HP, Kopisch C.

**Safety culture and its influence on safety**

*In: Journal of KONBiN 23 (2013), Nr.1, 17-28*

Berg HP, Röwekamp M.

**Current activities to enhance PSA and update the corresponding nuclear regulatory framework in Germany**

*In: PSA 2013: International Topical Meeting on Probabilistic Safety Assessment and Analysis, Columbia, South Carolina Lagrange Park, Illinois: American Nuclear Society, 2013, CD-ROM*

Bossew P.

**Anthropogenic radionuclides in environmental samples from Fukushima prefecture.**

*In: Radiation emergency medicine 2 (2013), Nr.1, 69-75*

Bossew P.

**Small-scale variability of the gamma dose rate in the urban environment of Fukushima city.**

*In: Radiation emergency medicine 2 (2013), Nr.1, 64-68*

Bossew P.

**Hot spots as random objects.**

*In: Radiation emergency medicine 2 (2013), Nr.1, 35-42*

Bossew P.

**Stochastic dependence of Rn-related quantities.**

*First East European Radon Symposium – FERAS 2012, 02-05.09., Cluj-Napoca, Romania, 2012  
In: Romanian journal of physics 58 (2013), Suppl.Supplement, S44-S56*

Bossew P, Stojanowska Z, Zunic ZS, Ristova M.  
**Prediction of indoor radon risk from radium concentration in soil: Republic of Macedonia case study**

*First East European Radon Symposium – FERAS 2012, 02-05.09., Cluj-Napoca, Romania, 2012  
In: Romanian journal of physics 58 (2013), Suppl.Supplement, S29-S44*

Bossew P, Tollefsen T, Gruber V, De Cort M.  
**The European radon mapping project.**

*In: Proceedings: IX Latin American IRPA Regional Congress on Radiation Protection and Safety – IRPA 2013, 15.04 – 19.04, Rio de Janeiro / Hrsg.: Sociedade Brasileira de Proteção Radiológica (SBPR)*

Brix G, Berton M, Nekolla E, Lechel U, Schegerer A, Süselbeck T, Fink C.

**Cumulative radiation exposure and cancer risk of patients with ischemic heart diseases from diagnostic and therapeutic imaging procedures.**

*In: European journal of radiology 82 (2013), Nr.11, 1926-1932  
doi:10.1016/j.ejrad.2013.07.015*

Brix G, Borowski M, Nekolla E, Noßke D.

**Radiation risk and protection of patients in clinical SPECT/CT**

*In: European journal of nuclear medicine and molecular imaging (2013), Nr.[Epub ahead of print]  
doi:10.1007/s00259-013-2543-3*

## C

Chaisan K, Smith JT, Bossew P, Kirchner G, Laptev GV.

**Worldwide isotope ratios of the Fukushima release and early-phase external dose reconstruction**

*In: Scientific reports 3 (2013)  
doi:10.1038/srep02520*

Czarwinski R.

**Implications of the implementation of the reduced dose limits for the lens of the eye: an IRPA activity**

*In: Journal of radiological protection 33 (2013), Nr.4, E15-E16  
doi:10.1088/0952-4746/33/4/E15*

## D

Dehos A, Grosche B, Pophof B, Jung T.  
**Gesundheitliche Risiken durch die niederfrequenten Felder der Stromversorgung – Stand der wissenschaftlichen Erkenntnisse und offene Fragen.**

*In: UMID: Umwelt und Mensch – Informationsdienst (2013), Nr.1, 47-57*

Dufey F, Walsh L, Sogl M, Schnelzer M, Tschense A, Kreuzer M.

**Radiation-dose dependent risk of liver cancer mortality in the German uranium miners cohort, 1946-2003**

*In: Journal of radiological protection 33 (2013), Nr.1, 175-185  
doi:10.1088/0952-4746/33/1/175*

## E

Elsche B, Krauß M.

**Erdbebenauslegung nach KTA 2201 – Aktualisierung der KTA 2201.5. „Seismische Instrumentierung“ und KTA 2201.6 „Maßnahmen nach Erdbeben“**

*In: Jahrestagung Kerntechnik 2013, Berlin, 14.-16. Mai 2013, Tagungsbericht*

## F

Fasten C, Nitsche F.

**Latest changes in the UN recommendations on the transport of dangerous goods and modal regulations regarding radioactive material and future aspects of harmonization**

*In: Proceedings [DVD]: 17th International Symposium on the Packaging and Transportation of Radioactive Materials: PATRAM 2013, 18.08. -23.08, San Francisco*

Farah J, Struelens L, Dabin J, Koukorava C, Donadille L, Jacob S, Schnelzer M, Auvinen A, Vanhavere F, Clairand I.

**A correlation study of eye lens dose and personal dose equivalent for interventional cardiologists**

*In: Radiation protection dosimetry 157 (2013), Nr.4, 561-569  
doi:10.1093/rpd/nct180*

Fenech M, Kirsch-Volders M, Rossnerova A, Sram R, Romm H, Bolognesi C, Ramakumar A, Soussaline F, Schunck C, Elhajouji A, Anwar W, Bonassi S.

**HUMN project initiative and review of validation, quality control and prospects for further development of automated micronucleus assays using image cytometry systems**

*In: International journal of hygiene and environmental health 216 (2013), Nr.5, 541-552  
doi:10.1016/j.ijheh.2013.01.008*

## G

Gering F, Gerich B, Wirth, E, Kirchner, G.

**Potential consequences of the Fukushima accident for off-site nuclear emergency management: a case study for Germany.**

*In: Radiation protection dosimetry 155 (2013), Nr.2, 146-154  
doi:10.1093/rpd/ncs323*

Grosche B.

**Der Reaktorunfall von Fukushima: Folgen für Japan und für uns.**

*In: Gesundheitswesen 75 (2013), Nr.4, 179-183  
doi:10.1055/s-0033-1343418*

Gruber V, Bossew P, De Cort M, Tollefsen T.  
**The European map of the geogenic radon potential.**

*In: Journal of radiological protection 33 (2013), Nr.1, 51-60  
doi:10.1088/0952-4746/33/1/51*

Gruber V, Tollefsen T, Bossew P, DeCort M.  
**The European indoor radon map and beyond.**

*In: Carpathian journal of earth and environmental sciences 8 (2013), Nr.2, 169-176*

Gürtler A, Kunz N, Gomolka M, Hornhardt S, Friedl AA, McDonald K, Kohn JE, Posch A.  
**Stain-Free technology as a normalization tool in Western blot analysis.**

*In: Analytical biochemistry 433 (2013), Nr.2, 105-111  
doi:10.1016/j.ab.2012.10.010*

ationen

---

## H

Hansmann J, Schoeppler GM, Henzler T, Brix G, Meyer M, Attenberger UI, Schoenberg SO, Fink C.

**CT of urolithiasis: comparison of image quality and diagnostic confidence using filtered back projection and iterative reconstruction techniques.**

*In: Academic radiology 20 (2013), Nr.9, 1162-1167*  
doi:10.1016/j.acra.2013.06.004

Hauschild, J., Andernacht, M., Berg, H.

**Case studies for evaluating conditional probabilities of external explosions**

*In: Kerntechnik 78 (2013), Nr.2, 143-149*

Hellmich M.

**Semi-markov embeddable reliability structures and applications to load-sharing k-out-of-n systems**

*In: International journal of reliability, quality and safety engineering 20, 1350007 (2013), Nr.2, April 2013*  
doi: 0.1142/S0218539313500071

Hellmich M, Berg HP.

**Component importance for systems with semi-markov dynamics at steady state: a numerical case study**

*In: Safety, reliability and risk analysis: Beyond the horizon: ESREL 2013, 30.09 – 02.10, Amsterdam / Hrsg.: Steenbergen, R.D.J.M. CRC Press, 2013, 1377-1384*  
ISBN 978-1-138-00123-7

Hellmich M, Berg HP.

**On the construction of component importance measures for semi-Markov systems**

*In: Mathematical methods of operations research 77 (2013), Nr.1, 15-32*  
doi:10.1007/s00186-012-0413-6

Hinton TG, Garnier-Laplace J, Vandenhove H, Dowdall M, Adam-Guillermin C, Alonzo F, Barnett C, Beaugelin-Seiller K, Beresford NA, Bradshaw C, Brown J, Eyrolle F, Fevrier L, Gariel JC, Gilbin R, Hertel-Aas T, Horemans N, Howard BJ, Ikäheimonen T, Mora JC, Oughton D, Real A, Salbu B, Simon-Cornu M, Steiner M, Sweeck L, Vives i Batlle J.

**An invitation to contribute to a strategic research agenda in radioecology.**

*In: Journal of environmental radioactivity 115 (2013), 73-82*  
doi:10.1016/j.jenvrad.2012.07.011

Hunter N, Muirhead CR, Tomasek L, Kreuzer M, Laurier D, Leurand K, Schnelzer M, Grosche B, Placek V, Heribanova A, Tirmarche M.

**Joint analysis of three European nested case-control studies of lung cancer among radon exposed miners: Exposure restricted to below 100 WLM.**

*In: Health physics 104 (2013), Nr.3, 282-292*  
doi:10.1097/HP.0b013e3182765857

---

## I

Ingwersen M, Drabik A, Kulka U, Oestreicher U, Fricke S, Krankenberg H, Schwencke C, Mathey D.

**Physicians' radiation exposure in the catheterization lab: does the type of procedure matter?**

*In: JACC: Cardiovascular interventions 6 (2013), Nr.10, 1095-1102*  
doi:10.1016/j.jcin.2013.05.012

---

## K

Kabai E, Beyermann M, Seeger J, Savkin BT, Stanglmaier S, Hirsche L.

**Separation technique for the determination of 99Tc in milk and dairy products in case of emergency.**

*In: Applied radiation and isotopes 81 (2013), 36-41*  
doi:10.1016/j.apradiso.2013.03.031

Kaiser C, Walsh L.

**Independent analysis of the radiation risk for leukaemia in children and adults with mortality data (1950-2003) of Japanese A-bomb survivors.**

*In: Radiation and environmental biophysics 52 (2013), Nr.1, 7-27*  
doi:10.1007/s00411-012-0437-6

Kletting P, Schimmel S, Kestler HA, Hänscheid H, Luster M, Fernández M, Bröer JH, Nosske D, Lassmann M, Glatting G.

**Molecular radiotherapy: the NUKFIT software for calculating the time-integrated activity coefficient.**

*In: Medical physics 40 (2013), Nr.10, 102504*  
doi:10.1118/1.4820367

Krauß M, Berg HP.

**External hazards – in focus after the Fukushima accident**

*In: Kerntechnik 78 (2013), Nr.2, 84-91*

Krauß M, Berg HP.

**Regulatory perspective on benefits of periodic safety reviews transactions**

*In: Division 8 – Issues Related to Operations, Inspection and Maintenance: SMiRT-22, 18.08 – 23.08.2013, San Francisco*

Krauß M, Elsche B, Roth G.

**Design of nuclear power plants against seismic events in Germany – seismic instrumentation and post-seismic actions**

*In: Division 8 – Issues Related to Operations, Inspection and Maintenance: SMiRT-22, 18.08 – 23.08.2013, San Francisco*

Kreuzer M, Sogl M, Brüske I, Möhner M, Nowak D, Schnelzer M, Walsh L.

**Silica dust, radon and death from non-malignant respiratory diseases in German uranium miners.**

*In: Occupational and environmental medicine 70 (2013), Nr.12, 869-875  
doi:10.1136/oemed-2013-101582*

**External gamma radiation and mortality from cardiovascular diseases in the German WISMUT uranium miners cohort study, 1946-2008.**

*In: Radiation and environmental biophysics 52 (2013), Nr.1, 37-46  
doi:10.1007/s00411-012-0446-5*

**Kugel K, Boetsch W, Gründler D, Haider C, Maric, D. The KONRAD Repository and its water law permit – implementation of water law requirements of a licensed repository**

*In: EUROSAFE Forum 2013, 04.-05.11, Köln*

**Kugel K, Steyer S, Brennecke P, Gründler D, Boetsch W, Haider C.**

**Characterization of radioactive wastes with respect to harmful materials**

*In: Proceedings: 15th International Conference on Environmental Remediation and Radioactive Waste Management (ICEM ,13), 08. – 12.09, Brüssel  
New York: ASME, 2013, ICEM2013-96134  
ISBN 978-0-7918-5601-7*

**Kugel K, Steyer S, Gründler D, Boetsch W, Haider C, Maric, D.**

**Stand der Umsetzung der gehobenen wasserrechtlichen Erlaubnis für das Endlager Konrad**

*In: Proceedings [CD-ROM]: KONTEC 2013, 11. Internationales Symposium „Konditionierung radioaktiver Betriebs- und Stilllegungsabfälle“, 13. – 15.03., Dresden  
Kontec Gesellschaft für technische Kommunikation mbH, 2013*

Kunze V.

**The construction of the Konrad repository – status and perspective**

*In: WM Symposia 2013, 24.04.-28.04, Phoenix, Arizona  
Paper # 13034*

Kunze V, Samwer B.

**Endlager Konrad – Stand der Errichtung: Konrad repository – state of construction**

*In: Proceedings [CD-ROM]: Kontec 2013, 11. Internationales Symposium „Konditionierung radioaktiver Betriebs- und Stilllegungsabfälle“, 13.03.-15.03, Dresden  
/ Hrsg.: Kontec Gesellschaft für technische Kommunikation mbH, 2013, 686*

**L**

Lassmann M, Noßke D.

**Dosimetry of 223Ra-chloride: dose to normal organs and tissues.**

*In: European journal of nuclear medicine and molecular imaging 40 (2013), Nr.2, 207-212  
doi:10.1007/s00259-012-2265-y*

Lizot M, Getrey C, Rooney K, Malesys P, Reiche I, Capadona N.

**A review of environment experienced by packages in transport**

*In: Proceedings [DVD]: 17th International Symposium on the Packaging and Transportation of Radioactive Materials: PATRAM 2013, 18.08. -23.08.2013, San Francisco*

**M**

Malinek A, Asmuß M.

**Gesundheitsprävention an Schulen – Lehrerfortbildung im Rahmen des UV-Aktionsplanes des BfS.**

*In: UMID: Umwelt und Mensch – Informationsdienst (2013), Nr.1, 58-64*

Mauke R.

**In situ-verification of a drift seal system in rock salt – operating experience and preliminary results: [Abstract]**

*In: Proceedings: 3rd US/German Workshop on Salt Repository Research, Design and Operation, 08.10. – 11.10, Albuquerque and Carlsbad, New Mexico  
Albuquerque, New Mexico: Sandia National Laboratories, 2013  
FCRD-UF2013-000100, SAND 2013-1231P*

Mauke R, Herbert HJ.

**Large scale in-situ experiments on sealing constructions in underground disposal facilities for radioactive wastes – examples of recent BfS- and GRS-activities: [Paper and Presentation]**

*In: EUROSAFE Forum 2013, Safe Disposal of Nuclear Waste, 04.11. – 05.11, Köln*

Merk R, Kröger H, Edelhäuser-Hornung L, Hoffmann B.

**PENELOPE-2008 Monte Carlo simulation of gamma exposure induced by 60Co and NORM-radionuclides in closed geometries**

*In: Applied radiation and isotopes 82 (2013), 20-27  
doi:10.1016/j.apradiso.2013.07.006*

ditionen

## N

Niedzwiedz K, Schneider M, Fischer B.  
**Safety reviews of German research reactors as a consequence of the Fukushima accident**  
*In: Transactions: RRFM 2013: European Research Reactor Conference, 21.04 – 25.04, Sankt Petersburg, 2013, 477-462*  
ISBN 978-92-95064-18-8

Nitsche F, Lange F, Büttner U.  
**Proposal to simplify LSA-III material requirements of IAEA transport regulations**  
*In: Proceedings [DVD]: 17th International Symposium on the Packaging and Transportation of Radioactive Materials: PATRAM 2013, 18.08. -23.08.2013, San Francisco*

Nitsche F, Lange F, Büttner U.  
**The German Regulatory Concept of Transport Package Design Approval for Dual Purpose Casks During Interim Storage**  
*In: Proceedings [DVD]: 17th International Symposium on the Packaging and Transportation of Radioactive Materials: PATRAM 2013, 18.08. -23.08.2013, San Francisco*

## P

Pophof B.  
**Beeinträchtigen elektromagnetische Felder von Handys die männliche Fruchtbarkeit?**  
*In: UMID: Umwelt und Mensch – Informationsdienst (2013), Nr.4, 5-10*

Preischl W, Hellmich M  
**Human error probabilities from operational experience of German nuclear power plants**  
*In: Reliability engineering & system safety 109 (2013), 150-159*  
doi:10.1016/j.ress.2012.08.004

Pressyanov D, Foerster E, Georgiev S, Dimitrova I, Mitev K.  
**Traceability of CDs/DVDs used as retrospective <sup>222</sup>Rn detectors to reference STAR laboratory**  
*In: Radiation measurements 59 (2013), 165-171*  
doi:10.1016/j.radmeas.2013.06.002

## R

Reiche I, Kröger H.  
**Review of burn-up calculation validation for spent PWR uranium oxide fuel including actinides and fission products**  
*In: Proceedings [DVD]: 17th International Symposium on the Packaging and Transportation of Radioactive Materials: PATRAM 2013, 18.08. -23.08.2013, San Francisco*

Richter M, Jann O, Kemski J, Schneider U, Krockner C, Hoffmann B.  
**Determination of radon exhalation from construction materials using VOC emission test chambers**  
*In: Indoor air 23 (2013), Nr.5, 397-405*  
doi: 10.1111/ina.12031

Rimpler A, Barth I.  
**Strahlenexposition und Strahlenschutz des Personals in der Nuklearmedizin – Ergebnisse des EU-Projekts ORAMED**  
*In: Der Nuklearmediziner 36 (2013), Nr.4, 263-269*  
doi:10.1055/s-0033-1354404

Röwekamp M, Berg HP.  
**Ongoing enhancements in the German nuclear regulatory framework with respect to fire safety**  
*In: Proceedings: 22nd International Conference on Structural Mechanics in Reactor Technology (SMIRT 22) – 13th International Post-Conference Seminar on „Fire Safety in Nuclear Power Plants and Installations“, Columbia, South Carolina GRS-A-3731*

Rogits B, Jungnickel K, Löwenthal D, Kropf S, Nekolla E, Dudeck O, Pech M, Wieners G, Ricke J.  
**Prospektive Evaluation der Handdosis des Radiologen im Rahmen von CT-gestützten Interventionen.**  
*In: RöFo: Fortschritte auf dem Gebiet der Röntgenstrahlen und der bildgebenden Verfahren 185 (2013), Nr.11, 1081-1088*  
doi:10.1055/s-0033-1350368

Romm H, Ainsbury E, Barnard S, Barrios L, Barquinero JF, Beinke C, Deperas M, Gregoire E, Koivistoinen A, Lindholm C, Moquet J, Oestreicher U, Puig R, Rothkamm K, Sommer S, Thierens H, Vandersickel V, Vral A, Wojcik A.  
**Automatic scoring of dicentric chromosomes as a tool in large scale radiation accidents.**  
*In: Mutation research 756 (2013), Nr.1-2, 174-183*  
doi:10.1016/j.mrgentox.2013.05.013

Romm H, Barnard, S, Boulay-Greene H, De Amicis A, De Sanctis S, Franco M, Herodin F, Jones A, Kulka U, Lista F, Martigne P, Moquet J, Oestreicher U, Rothkamm K, Thierens H, Valente M, Vandersickel V, Vral A, Braselmann H, Meineke V, Abend M, Beinke C.  
**Laboratory intercomparison of the cytokinesis-block micronucleus assay**  
*In: Radiation research 180 (2013), Nr.2, 120-128*  
doi:10.1667/RR3234.1

Romm H, Oestreicher U.  
**MULTIBIODOSE: new developments of multi-disciplinary biodosimetric tools to manage a high scale radiological casualty**  
*In: 8th Future Security 2013. Security Research Conference : 17.09 - 19.09., Berlin / Hrg.: Lauster, Michael*  
Stuttgart : Fraunhofer-Verl., 2013, 222-228  
ISBN 978-3-8396-0604-9

Rothkamm K, Horn S, Scherthan H, Rößler U, De Amicis A, Barnard S, Kulka U, Lista F, Meineke V, Braselmann H, Beinke C, Abend M.  
**Laboratory intercomparison on the -H2AX foci assay.**  
*In: Radiation research 180 (2013), Nr.2, 149-155*  
doi:10.1667/RR3238.1

Rothkamm K, Beinke C, Romm H, Badie C, Balagurunathan Y, Barnard S, Bernard N, Boulay-Greene H, Brengues M, De Amicis A, De Sanctis S, Greither R, Herodin F, Jones A, Kabacik S, Knie T, Kulka U, Lista F, Martigne P, Missel A, Moquet J, Oestreicher U, Peinnequin A, Poyot T, Roessler U, Scherthan H, Terbrueggen B, Thierens H, Valente M, Vral A, Zenhausern F, Meineke V, Braselmann H, Abend M.  
**Comparison of established and emerging biodosimetry assays.**  
*In: Radiation research 180 (2013), Nr.2, 111-119*  
doi:10.1667/RR3231.1

---

## S

Saey PRJ, Ringbom A, Bowyer T W, Zähringer M, Auer M, Faanhof A, Labuschagne C, Al-Rashidi M S, Tippawan U, Verboom B.

**Worldwide measurements of radionuclide background near isotope production facilities, a nuclear power plant and at remote sites: the "EU/JA-II" Project**

*In: Journal of radioanalytical and nuclear chemistry 296 (2013), Nr.2, 1133-1142*  
doi:10.1007/s10967-012-2025-2

Salehi Ravesh M, Brix G, Laun FB, Puderbach M, Ley-Zaporozhan J, Ley S, Fieselmann A, Schranz W, Semmler W, Risse F.

**Quantification of pulmonary microcirculation by dynamic contrast-enhanced magnetic resonance imaging: comparison of four regularization methods.**

*In: Magnetic resonance in medicine 69 (2013), Nr.1, 188-199*  
doi:10.1002/mrm.24220

Salomaa S, Prise KM, Atkinson MJ, Wojcik A, Auvinen A, Grosche B, Sabatier L, Jourdain JR, Salminen E, Baatout S, Kulka U, Rabus H, Blanchardon E, Auerbeck D, Weiss W.

**State of the art in research into the risk of low dose radiation exposure - findings of the fourth MELODI workshop.**

*In: Journal of radiological protection 33 (2013), Nr.3, 589-603*  
doi:10.1088/0952-4746/33/3/589

Schmid E, Wagner FM, Canella L, Romm H, Schmid TE.

**RBE of thermal neutrons for induction of chromosome aberrations in human lymphocytes.**

*In: Radiation and environmental biophysics 52 (2013), Nr.1, 113-121*  
doi:10.1007/s00411-012-0449-2

Schoedon A, Hoffmann B, Meyer W, Bossew P.  
**Entwicklung eines Simulationstools zur Validierung des Radon-Schnellmessverfahrens „6+1“ in Wohngebäuden.**

*In: Simulation in Umwelt- und Geowissenschaften: Workshop Leipzig 2013, Leipzig / Hrsg.: Wittmann, J. Aachen: Shaker Verl., 2013, 51-60*  
ISBN 978-3-8440-2009-0

Sogl M, Taeger D, Pallapies D, Kreuzer M.  
**Lungenkrebsrisiko durch Quarzfeinstaub bei deutschen Uranbergbauarbeitern**

*In: UMID: Umwelt und Mensch – Informationsdienst (2013), Nr.3, 25-30*

Steyer S, Kugel K, Brennecke P.  
**Fortschreibung der Endlagerungsbedingungen und Produktkontrollmaßnahmen Konrad**

*In: Proceedings [CD-ROM]: KONTEC 2013, 11. Internationales Symposium „Konditionierung radioaktiver Betriebs- und Stilllegungsabfälle“, 13. – 15.03, Dresden*  
Kontec Gesellschaft für technische Kommunikation mbH, 2013

Stocker T, Schlosser C, Konrad M, Schmid S.  
**Kohlenstoff-14, Krypton-85, Argon-37**

*In: Umweltradiaktivität und Strahlendosen in der Schweiz 2012 (2013), 98-106*

Stojanovska Z, Bossew P, Tokonami S, Zunic ZS, Boev B, Ristova M.

**National survey of indoor thoron concentration in FYR of Macedonia (continental Europe – Balkan region)**

*In: Radiation measurements 49 (2013), 57-66*  
doi:10.1016/j.radmeas.2012.11.023

---

## T

Theuring P, Jha A, Kirchner G, Behrens S, Rode M.  
**Identification of fluvial sediment sources in the Kharaa River catchment, Northern Mongolia**

*In: Hydrological processes 27 (2013), Nr.6, 845-856*  
doi:10.1002/hyp.9684

---

## W

Walsh L.

**Neutron relative biological effectiveness for solid cancer incidence in the Japanese A-bomb survivors: an analysis considering the degree of independent effects from  $\gamma$ -ray and neutron absorbed doses with hierarchical partitioning.**

*In: Radiation and environmental biophysics 52 (2013), Nr.1, 29-36*  
doi:10.1007/s00411-012-0445-6

Walsh L, Schneider U.

**A method for determining weights for excess relative risk and excess absolute risk when applied in the calculation of lifetime risk of cancer from radiation exposure.**

*In: Radiation and environmental biophysics 52 (2013), Nr.1, 135-145*  
doi:10.1007/s00411-012-0441-x

---

## Z

Zunic ZS, Carpentieri C, Stojanovska Z, Antignani S, Veselinovic N, Tollefsen T, Carelli V, Cordedda C, Cuknic O, Filipovic J, Bossew P, Bochicchio F.

**Some results of a radon survey in 207 Serbian schools.**

*First East European Radon Symposium – FERAS 2012, 02-05.09., Cluj-Napoca, Romania, 2012*

*In: Romanian journal of physics 58 (2013), Suppl.Supplement, S320-S327*

partitionen

# Abkürzungen

## Abbreviations

### A

<b>ADP</b>	Arbeitsgemeinschaft Dermatologische Prävention
<b>AGGB</b>	Ausschuss Gefahrgutbeförderung
<b>ALARA</b>	As Low As Reasonably Achievable, zu deutsch: so niedrig wie vernünftigerweise erreichbar
<b>ALL</b>	Akute Lymphatische Leukämie
<b>ALLIANCE</b>	European Radioecology Alliance
<b>ALS</b>	Amyotrophe Lateralsklerose
<b>ASN</b>	Nuclear Safety Authority (FR)
<b>AtG</b>	Atomgesetz
<b>AtSMV</b>	Atomrechtliche Sicherheitsbeauftragten- und Meldeverordnung
<b>AVR</b>	Arbeitsgemeinschaft Versuchsreaktor

### B

<b>BDBOS</b>	Bundesanstalt für den Digitalfunk der Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben
<b>BfS</b>	Bundesamt für Strahlenschutz
<b>BGBI</b>	Bundesgesetzblatt
<b>BGR</b>	Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe
<b>BImSchV</b>	Bundesimmissionsschutzverordnung
<b>BMUB</b>	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit
<b>BMVI</b>	Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur

### C

<b>CASTOR</b>	Cask for storage and transport of radioactive Material
<b>CT</b>	Computertomographie
<b>CURE</b>	Concerted action for Uranium Research in Europe

### D

<b>DBE</b>	Deutsche Gesellschaft zum Bau und Betrieb von Endlagern für Abfallstoffe mbH
<b>DIBt</b>	Deutsches Institut für Bautechnik
<b>DMF</b>	Deutsches Mobilfunk Forschungsprogramm
<b>DNA</b>	Deoxyribonucleic Acid (deutsch: DNS Desoxyribonukleinsäure)
<b>DoReMi</b>	Low Dose Research towards Multidisciplinary Integration
<b>DRiMa-Projekt</b>	International Project on Projekt Decommissioning Risk Management
<b>DWD</b>	Deutscher Wetterdienst

### E

<b>ECURIE</b>	European Community Urgent Radiological Information Exchange
<b>EMF</b>	Elektromagnetische Felder
<b>ERAM</b>	Endlager für radioaktive Abfälle Morsleben
<b>ESK</b>	Entsorgungskommission des Bundes
<b>EU</b>	Europäische Union
<b>EURADOS</b>	European Radiation Dosimetry Group
<b>EURATOM</b>	Europäische Atomgemeinschaft
<b>EURDEP</b>	European Data Exchange Platform

### G

<b>GRS</b>	Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit mbH
------------	---

### H

<b>HAW</b>	High-activity Radioactive Waste (Hochradioaktiver Abfall)
<b>HDVC</b>	High-voltage Direct Current
<b>HERCA</b>	Heads of European Radiological Protection Competent Authorities
<b>HMGU</b>	Helmholtz Zentrum München – Deutsches Forschungszentrum für Gesundheit und Umwelt GmbH
<b>HRQ</b>	Hochradioaktive Quellen

# Abkürzungen

---

## I

**IAEA** International Atomic Energy Agency

**IARC** International Agency for Research on Cancer

**ICNIRP** International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection

**ICRP** International Commission on Radiological Protection

**IDN** International Decommissioning Network

**IMIS** Integriertes Mess- und Informationssystem zur Überwachung der Umweltradioaktivität

**INES** International Nuclear Event Scale

**IRSN** Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire (Frankreich)

---

## K

**KKW** Kernkraftwerk

**KrWG** Kreislaufwirtschaftsgesetz

---

## M

**MELODI** Multidisciplinary European Low Dose Initiative

**MLU** Ministerium für Landwirtschaft und Umwelt Sachsen-Anhalt

---

## N

**Nagra** Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle (CH)

**NERIS-TP** Towards a self sustaining European Technology Platform on Preparedness for Nuclear and Radiological Emergency Response and Recovery

**NiSG** Gesetz zum Schutz vor nichtionisierender Strahlung bei der Anwendung am Menschen

---

**NoE** Network of Excellence

**NPP** Nuclear Power Plant

**NORM** Naturally Occurring Radioactive Material

---

## O

**ODL** Ortsdosisleistung/Umgebungs-Äquivalentdosisleistung

**OECD/NEA** Organisation für ökonomische Zusammenarbeit und Entwicklung / Nukleare Energieagentur

**OPERRA** Open Project for European Radiation Research Area

**OVG** Oberverwaltungsgericht

---

## P

**PET** Positronen-Emissions-Tomographie

**PREPARE** Innovative integrated tools and platforms for radiological emergency preparedness and post-accident response in Europe

**PTB** Physikalisch-Technische Bundesanstalt

---

## R

**REI** Richtlinie zur Emissions- und Immissionsüberwachung kerntechnischer Anlagen

**RENEB** Realising the European Network in Biological Dosimetry

**RODOS** Real-time Online Decision Support System

**RSK** Reaktor-Sicherheitskommission

---

---

## S

**SAR** Spezifische Absorptionsrate

**SSK** Strahlenschutzkommission

**StandAG** Standortauswahlgesetz

**STAR** Strategy for Allied Radioecology

**StrlSchV** Strahlenschutzverordnung

**StrVG** Strahlenschutzvorsorgegesetz

---

## T

**TBL** Transportbehälterlager

**TETRA** Terrestrial Trunked Radio

**TLD** Thermolumineszenzdosimeter

---

## U

**UFOPLAN** Umweltforschungsplan des Bundesumweltministeriums

**UMTS** Universal Mobile Telecommunications System

**UNSCEAR** United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation

**UV-Strahlung** Ultraviolette Strahlung

**UVSV** UV-Schutz-Verordnung

---

## W

**WHO** Weltgesundheitsorganisation (World Health Organization)

**WPDD** Working Party on Decommissioning and Dismantling

---

## Z

**ZLN** Zwischenlager Nord

---

# und an

# Strahlenschutz – von der Wissenschaft zum vorsorgenden Verbraucher- und Gesundheitsschutz

## Radon – ein unterschätztes Gesundheitsrisiko

### Natürliche Radioaktivität in Bauprodukten

### Die Überwachung natürlicher Radionuklide im Trinkwasser

### Strahlenschutz für die Patienten in der Nuklearmedizin

## Schutz vor gesundheitlichen Schäden durch UV-Strahlung

### Strahlenschutz beim Stromnetzausbau

### Gesundheitsschutz beim Mobilfunk

## Strahlenschutzvorsorge: Verbraucherprodukte mit dem Blauen Engel

## Weitere Arbeitsschwerpunkte des Bundesamtes für Strahlenschutz

## Konsequenzen aus dem Reaktorunfall in Fukushima

### Das Standortauswahlgesetz – ein Neubeginn bei der Suche nach einem Endlagerstandort für Wärme entwickelnde radioaktive Abfälle in Deutschland

### Das Bundesamt für Strahlenschutz als Partner in europaweiten Netzwerken

### Aktuelle Fragen aus dem beruflichen Strahlenschutz

## Qualitätssicherung – eine Kernaufgabe der Leitstellen

## Ausgewählte Einzelthemen

### Aktuelle Fragen des Strahlenschutzes

### Sicherheit hochradioaktiver Strahlenquellen

### Fortführung der freiwilligen Selbstverpflichtung der Mobilfunknetzbetreiber

### Leukämie im Kindesalter – Fortschreibung des Forschungsschwerpunktes

## Neue Ergebnisse der deutschen Uranbergarbeiterstudie

## Entsorgung radioaktiver Abfälle

### Stand der Projekte

### Zwischenlagerung von Kernbrennstoffen

### Transporte von radioaktiven Stoffen und Kernbrennstoffen

## Aktuelle Fragen zur Sicherheit in der Kerntechnik

### Sicherheitsziele für kerntechnische Anlagen

### Stilllegung kerntechnischer Anlagen im internationalen Kontext

### Meldepflichtige Ereignisse in kerntechnischen Einrichtungen 2013

## Der Umweltforschungsplan des Bundesumweltministeriums –

## Forschung zur Stärkung der nuklearen Sicherheit und des Strahlenschutzes

## Führen niederfrequente Magnetfelder zu neurodegenerativen Erkrankungen?

### Schädigt Terahertz-Strahlung die Erbsubstanz?

### Beeinflusst der Behördenfunk die kognitive

### Leistungsfähigkeit der Einsatzkräfte?

### Wie entsorgt man NORM-Rückstände?

## Zahlen und Fakten

## Publikationen

## Abkürzungen

#### Kontakt:

Bundesamt für Strahlenschutz

Postfach 10 01 49

38201 Salzgitter

Telefon: +49 (0)3018 333-0

Telefax: +49 (0)3018 333-1885

Internet: [www.bfs.de](http://www.bfs.de)

E-Mail: [ePost@bfs.de](mailto:ePost@bfs.de)